9

ISSN 0388—841

A

BULLETIN OF THE NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

NO. 19

南西海区水産研究所研究報告

第 19 号

昭和60年10月
南西海区水産研究所
広島県大野町

NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY
FISHERIES AGENCY
ŌNO-CHŌ, HIROSHIMA-KEN, JAPAN

October 1985

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 19, 1985

南西海区水産研究所研究報告

第 19 号

目　　次

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 19, 1985

シリヤケイカの成長，成熟及び移動生態に関する研究

上 田 和 夫

Studies on the Growth, Maturation and Migration of the Shiriyake-ika, *Sepiella japonica* SASAKI.

Kazuo UEDA

Sepiella japonica SASAKI, Sepiidae, is one of the important fisheries resources in Japan. The *Sepiella* is distributed in the coastal waters of central and southern Japan, south and west coast of Korean Peninsula and East China Sea. In Japan, it has been found in Tokyo Bay, Mikawa Bay, the Seto Inland Sea, along the coasts of shikoku and Kyoushu and along the coast of the Sea of Japan to the west of Toyama Bay. About 70% of its catches in Japan is landed from the Seto Inland Sea. The author has investigated and elucidated the relationship between the growth and maturity of *Sepiella japonica* and its migration in the western part of the Seto Inland Sea and the adjacent waters of the Uwa Sea or Uwa Kai.

Fisheries of *Sepiella japonica*

In the Seto Inland Sea, some Spepiidae are caught by small trawlnets, ika pots; also called hoop nets and small set nets. Besides these fishing methods, there are gill nets, boat seines, surrounding nets and ika anglings. 88% of t he landings of this cuttlefish come from catches by means of small trawlnets, ika pots and small set nets. The average catch (1978–1980) in the six fishing grounds from the innermost Inland Sea area (Hiuchi Nada) to the outer coast (Uwa Sea) indicates that the fishing season extends all the year round. The two main fishing seasons are in spring (May–June) and winter (December–February). The species is caught in the shallower fishing grounds of the Seto Inland Sea in spring and also caught in the Suo Nada to Iyo Nada and the Uwa Sea in autumn and winter. The annual landings of this species roes from the 5,000 ton level in 1975, to the level of 10,000 ton in 1978, but decreased sharply to the level of 3,000 ton by 1980.

Growth

Sepiella japonica is known to have a one year life span. The samples taken from 1979 to 1980 indicate that there is no difference in the mean body lengths of male and female (the shell length was taken as the body length). The young cuttlefish of about 20–65 mm in body length which appear in the shallow sea along the coast in September grow rapidly to be 30–110 mm by the time they begin to migrate to the deeper waters in October. They continue to migrate to wintering area in December reaching 70–140 mm in body length. Then the growth slows down attaining only 80–115 mm by June. The average body length of the samples caught in the spawning season is largest in April, becoming smaller as time passes. It is assumed that groups growing and maturing more rapidly start to migrate earlier to the spawning grounds.

1985年6月25日受理，南西海区水産研究所業績第166号，〒739-04広島県佐伯郡大野町

During April and June, the decreasing pattern in in viscera-arm-head weight excluding genital organs and mantle weight resembles closely to the tendency of body weight decrease in the samples of the same body lengths (100–130 mm). This may be due to the exhaustion of spawning. Also, deaths take place in large quantities immediately after the spawning season. From these facts, it is asumed that the life span of the species is one year.

Relative growth

In order to clarify the growth stages of the species, the following investigations have been carried out. 1) Relatioship between the body length and the body weight, the mantle weight, the shell weight and the liver weight. 2) Changes in the ratio of the mantle weight, the shell weight and the liver weight to the body weight in the course of growth. 3) Changes of condition factor in the course of growth. 4) Changes in the mantle width, the shell height, locular index and length of each arms (lst, 2nd, 3rd and 4th arm) in the course of growth.

The principal changes in the body form and the measurements of the main parts of the body are found in cuttlefish with body lengths of 35, 75, 105 and 125 mm. Thus, the growth process can be devided into five stages; juvenile (20–35 mm), young-lst stage (35–75 mm), young-2nd stage (75–105 mm), adult-lst stage (105–125 mm) and adult-2nd stage (above 125 mm). Since the species has few morphological features in the course of development, the changes in relative growths mentioned above were examined collectively in order that the growth pattern and the period of spawning may be understood.

Maturity

On maturity, the following relationships were examined to elucidate the spawning season and the spawning pattern: Sex ratios, the relationship between egg diameter and maturity stage, quantity of eggs in the gonad during the spawning season, the seasonal changes of maturity factor of each sex, the relationship between the body length and the maturity factor in the spawnihg season.

The monthly change of maturity factor show that the spawning season of this species is from April to July. The sex ratio was roughly 1 : 1 throughout the year. The survey of relationship between the body length and maturity factor by months show that the primary change of maturity factor occur in male with body lengths of 75 and 125 mm, and in female with body lengths of 120 and 130 mm. The ratio of the weight of nidamental's gland (which stores substances to make eggs adhere to the substrate at the time of spawning) to the body weight increases with the increment of body length when the body length reached the first and second growth stages of adult.

The development of eggs become clearly discernible as the ovary develops: Immature eggs of less than 2 mm in diameter, maturing eggs of 2–3 mm and matured eggs of over 3 mm. Spawning occurs many times, and 1,000–1,500 eggs are spawned in the first spawning. The shape of the newly spawned eggs are similar to chicken eggs having the size of 3.7–4.2 mm by 2.9–3.9mm.

Migration

The discussion on migration is based on the surveys of fishing ground for each growth stage and maturity ecology. These surveys are based on monthly body length composition from the samples obtained through the main fishing methods in the different fishing grounds. Results indicate that from April to July, large cuttlefish migrate from the deeper water to the shallower

seas, then the smaller cuttlefish appear in the shallow areas in the coast. From autumn to winter, on the other hand, small cuttlefish migrate down to the deeper waters of the Uwa Sea and Iyo Nada from the bottomed area of the inner waters of the western part of the Seto Inland Sea.

The results of the questionnaire survey on fishing methods, fishing grounds and fishing periods conducted at the various fisheries cooperative unions show that the migration from the wintering grounds to the spawning areas takes about three months. On the contrary, it takes three and a half months for small cuttlefish to migrate from the bottomed area of shallow seas to the deeper waters of wintering grounds.

The relationship between the catch amount of spawning groups and that of wintering groups was examined to determined to the relationship between the amount of spawning adult and the young progeny resources. From this survey, it is assumed that there are close relationships between the wintering adults and the spawners which migrated up to the shallow seas and also between young cuttlefish and the adult groups which migrated down to the deep wintering grounds.

The conclusions drawn from these facts are as follows: Adult cuttlefish migrate from the deep sea of the west coast of Iyo Nada and the Uwa Sea to the shallow seas of the western part of the Seto Inland Sea for spawning. The reproductive maturation occur during the end of March and early April. Spawning begins in all spawning grounds from the end of April to early May.

Distribution and Migration by Growth Stages

Migration ecology by growth stages was elucidated collectively from the information on each environmental factor in fishing ground.

1) Spawning stage: The spawning season was from April to July with the full season from May to June in the shallow sea of the inlet. The water temperature at this time is 10.8–22.8 °C and salinity was 30.60–33.40 ‰. As the eggs of this species are adhesive, an egg develops in the same environmental condition as in the spawning grounds.

2) Young-lst stage: Juveniles being hatched in the spawning grounds grow to 35 mm in body length reaching the first stage of youth. The distribution expands from the shallow waters to a little deeper area. The water temperature and salinity of the area are 23.2–27.8 °C and 31.22–32.95‰. The species of this stage show greatest increment in body length and weight. The cuttlefish of this stage are caught by small set nets and small trawlnets.

3) Young-2nd stage: In this stage, the increment of body length slows down. Although gonad weight of both male and female are still very small, it is in this stage that the differences between male and female gonads become discernible. The water temperature was 15.5–23.6 °C and salinity was 31.82–33.95 ‰ at the depth of 7–10 m. In this stage, the cuttlefish are caught by small set nets and small trawlnets.

4) Adult-lst stage: The growth increment of this stage, which is 105–120 mm in body length, is smaller than the previous stage. The same can be said about the body weight. Testis develop and spermatophore appear in the spermatophoric sac. Gonad weight increase at the end of this stage and eggs mature constantly though matured eggs are not yet found in the oviduct. The wintering migration start at the beginning of this stage and cuttlefish reach the wintering ground at the end of the stage. The water temperature is 8.3–13.5 °C and salinity is 32.68–34.15 ‰ at the depth of 30–40 m. The cuttlefish of this stage are caught by Ika trawlnets.

5) Adult-2nd stage: Cuttlefish of body length over 125mm show smallest growth rate. Gonad

oviduct weight increase rapidly in this stage and matured eggs are found in the oviduct. Nidamental's gland weight also increase rapidly and is ready for spawning at the middle of this stage. The cuttlefish mature as the migration for spawning begins. The water temperature is 7.6–12.4 °C and salinity is 33.00–33.78 ‰ in the surrounding waters where cuttlefish of this stage migrate for spawning. The cuttlefish of this stage are caught by Ika trawlnets and Ika anglings. Also, the cuttlefish just before spawning are caught by small set nets and small trawlnets. On the spawning season, the cuttlefish in this latter course of growth further are caught by ika pots.

緒　　言



Fig. 1. Male and female of *Sepiella japonica*. Upper: Male, 153mm; Lower: Female, 141mm, in manthe length.

シリヤケイカ *Sepiella japonica* SASAKI は，コウイカ *Sepia esculenta* HOYLE，カミナリカ *Sepia subaculeata* SASAKI と共にコウイカ科 Sepiidae に属する水産上重要なイカである。大きさは外套背長約15cm，体重約500gに達し，Fig. 1 示したように雌雄の外套背長には大差がない。このイカの体形は他の２種に比較して細長く，背面でわずかにふくらんでいる。生時の体色は，雄の外套背面は暗灰褐色で小白点が散在し，鰭の基部に白線，腕にも白斑があるが，雌では背面の小白斑は鮮かでない。腹面は雌雄とも蒼白色である。腕は背側から第１，２，３，４腕と番号を付けて呼び，その長いものから順次腕番号を記したものを腕長式と呼ぶが，シリヤケイカの腕長式は，４，３，２，１で，第４腕の長さは外套背長のほぼ半分の長さである。第３腕と第４腕との間には細長い触腕があり，概ね外套背長に頭長を加えた長さである。外套後端に開口している尾腺から赤褐色の分泌物を出し，この部分が赤褐色に染るのでシリヤケイカの名がある。

本種は，わが国沿岸，朝鮮半島南・西岸，東シナ海に広く分布しており，わが国では東京湾，三河湾，瀬戸内海，四国，九州，富山湾以西の沿岸及び内湾に分布する。これら水域のうち瀬戸内海において多獲され，コウイカ類の漁獲量の約70%を占めている。とくに４～７月の産卵期と12～３月の越冬期に多獲されている。

産卵期には，本種は沿岸の海底にあるロープ，釣り糸，網糸の切れ端，竹切れ等の基質に卵を産みつける習性がある。この習性を利用して，本種を含めてコウイカ，カミナリイカを漁獲するイカかご漁業がある。また，産卵のために接岸回遊するイカは，小型定置網等で漁獲されている。外套背長60～80㎜の小型イカは，船曳き網や小型定置網で時に混獲される。越冬期にはイカ釣り，大型定置網等で漁獲されるが，1974年頃から中層及び底層に集群するシリヤケイカを対象にしてイカ漕ぎ網（小型底曳網漁業）によって多獲されるようになった。

このような本種の漁業実態から，1977年頃から周防灘で産卵群を対象とするイカかご漁業と伊予灘で越冬群を対象とするイカ漕ぎ網漁業との間で，資源保護の立場から漁業調整問題を生じ，水産庁瀬戸内海漁業調整事務所，水産庁南西海区水産研究所と山口，福岡，大分，愛媛4県水産試験場によって，本種の資源維持に資する調査，研究が行われた。

本種に関する研究は，佐々木（1929），奥谷（1973）による分類学的研究，山本（1945），崔（1962）による甲の無輪帯率等についての形態学的研究，山本（1940，1943），山本（1982）による卵稚仔の形態及び生育条件に関する発生学的研究，有馬等（1961，1964）による種苗生産技術に関する研究，堀木他（1974，1975），中村（1981）による紀伊水道における資源調査等がある。

筆者は，1978～'81年に亘って瀬戸内海の重要資源である本種について，成長及び成熟に関する研究を行い，これらの生物特性と移動，回遊生態との関係を明らかにしたので，ここに取り纏めて報告する。

この論文を纏めるに当っては，御指導と御校閲を賜わった九州大学教授塚原博博士に深く感謝する。元南西海区水産研究所多々良薫博士，倉田博博士には研究の発会を与えられ，現南西海区水産研究所内海資源部長尾形哲男氏には取り纏めに当っての機会と便宜を与えられた。ここに日頃の御指導と御厚情に対して深謝する。福岡県豊前水産試験場林功氏，多胡信良氏，大分県浅海漁業試験場上条義信氏，大分県水産試験場工藤勝宏氏，能津純治氏，山口県内海水産試験場桧山節久氏，原健一氏，愛媛県水産試験場坂本拓生氏，山崎寛氏，和歌山県水産試験場堀木信男氏，鈴木猛氏，徳島県水産試験場中村和夫氏には，資料の提供と貴重なる御助言を頂き，ここに深く感謝する。

I. 材 料 と 方 法

研究の対象水域は，Fig. 2に示したような瀬戸内海の西部水域の燧灘，備後芸予瀬戸，安芸灘，周防灘，伊予灘及びその南の宇和海（豊後水道北部水域）であり，西部瀬戸内海産のシリヤケイカが産卵から越冬までに利用する全水域を包含している。

この研究は，主として1978年9月～1981年6月に，西部瀬戸内海及び宇和海で行われたシリヤケイカ資源調査の資料を用いて纏めたものである。成長と成熟についての4～7月の標本は，大分県：香々地～長州，福岡県：宇島，柄杓田，山口県：秋穂～平生，広島県：吉和，愛媛県：弓削島，魚島，上灘の各地先水域で，主としてイカかご及び小型定置網漁業により漁獲されたものである。この試料のうち吉和の標本は筆者が収集し，その他は，山口県内海，福岡県豊前，愛媛県水産試験場及び大分県浅海漁業試験場によって採集された。

8～12月の標本は，福岡県：宇島，山口県：秋穂～平生，大分県：長州の地先水域の小型定置網，エビ漕ぎ網（小型底曳網）漁業及び愛媛県：上灘地先水域の小型底曳網漁業の漁獲物から採集された。この試料のうち上灘の標本は筆者が収集し，その他は福岡県豊前，山口県内海水産試験場及び大分県浅海漁業試験場によって採集された。1～3月の標本は，山口県：光，大分県：日出～安芸のイカ漕ぎ網（小型底曳網漁業）及び八幡浜地先水域の大型定置網の漁獲物から当該

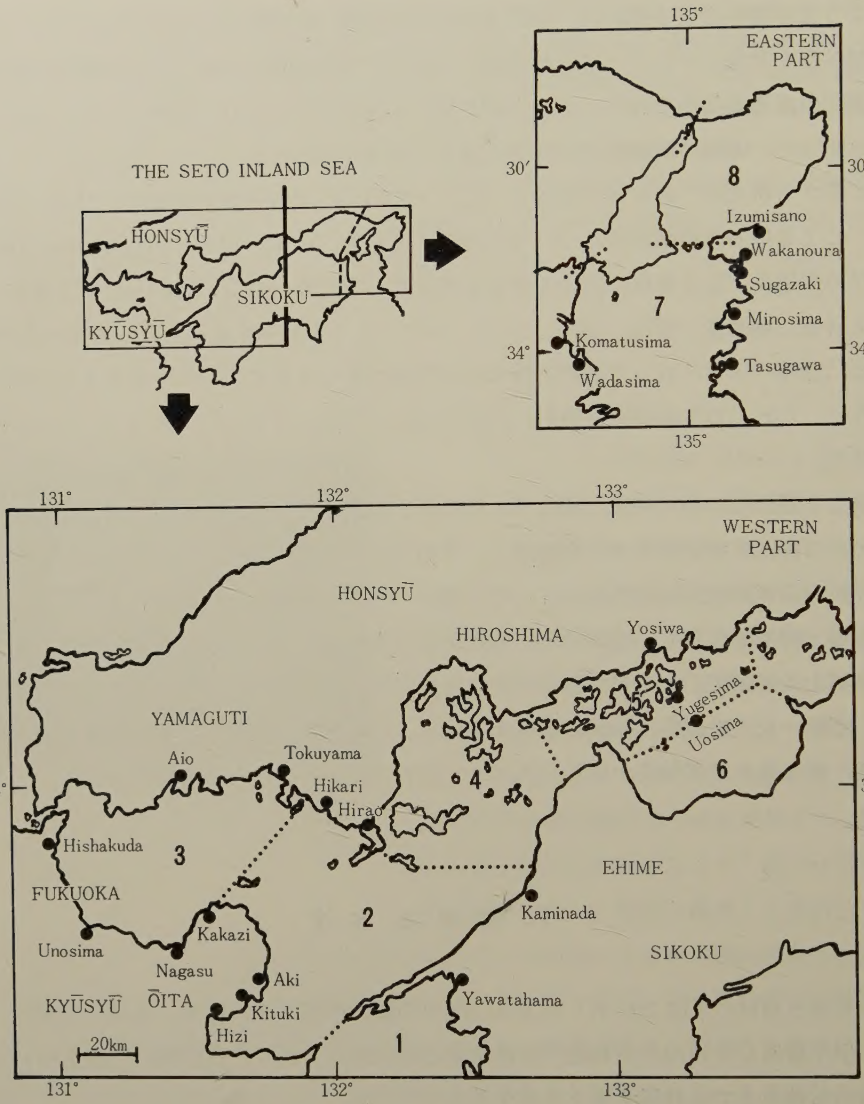


Fig. 2. Map of the western part and the Eastern part of the Seto Inland Sea, and Uwa Sea Showing administrative boudaries (——), station (●) of the commercial catch.
1. Uwa Sea (Bungo Suidō), 2. Iyo Nada, 3. Suō Nada, 4. Aki Nada, 5. Bingo geiyo Seto, 6. Hiuchi Nada, 7. Kii Suidō, 8. Ōsaka Wan

各県水産試験場によって採集された。

標本は，原則として生鮮のまま研究室に持ち帰り，外套背長，甲長，無輪帯長，体重，外套重量，精巣，精莢のう，卵巣，輸卵管の各重量が測定された。卵数，卵径の測定は，摘出後ホルマリン10%液に浸漬した卵巣と輸卵管を用いて行った。本種の甲幅，甲高，腕長，肝臓重量，纒卵腺重量は，和歌山県水産試験場による紀伊水道におけるシリヤケイカの資源調査資料(1972〜'73)を用いた。

本種の漁業実態については，1975〜'80年の灘別，月別，魚種別漁業種類別農林統計を用いたが，

本種はコウイカ類に一括集計されているため，月別，漁業種類別，灘別漁獲実態調査からの漁獲割合を用いて，月別，漁業種類別に漁獲量を求め，月別，漁業種類別，灘別漁獲量についての解析を行った。

本種の移動・回遊については，漁場別に漁業種類別，月別漁獲量を求め，漁場の季節変化と漁場別体長組成の季節変化の推定を行った。さらに，これら漁場の水温・塩分については，1978～'81年の瀬戸内海浅海定線調査資料を用いて，各漁場や漁期ごとのT－Sダイヤグラムを求め，その環境変化に伴う本種の成長，成熟，移動，回遊等の関係の解析を行った。

II. シリヤケイカの漁業

瀬戸内海においてコウイカ類を対象にしている主な漁業には，小型底曳網，イカかご及び小型定置網漁業等がある。その他，刺網（磯建て網），中型まき網，敷網（イカナゴ込瀬網），機船々曳網，イカ釣り漁業等がコウイカ類を混獲している。

本種の漁業種類別漁獲状況とその漁場をみるために，先ず，漁業種類別，灘別の年間漁獲量を求めて Table 1 に示した。

次いで，コウイカ類を対象とする小型底曳網，イカかご，小型定置網等について，全国漁業協同組合連合会（1977）の日本近海漁業図と標本船調査からの知見をもとに，各漁業の漁場図を季節別に Fig. 3 に示した。

これらによると，エビ漕ぎ及びイカ漕ぎ網等の小型底曳網漁業による漁獲量が最も多く，その全漁獲量は約 3,000トンである。春季のエビ漕ぎ網の漁場は，山口県周防灘沿岸及び広島県広島湾，安芸灘，愛媛県燧灘の島しょ地先水域で，秋～冬季のイカ漕ぎ網漁場は，山口県，大分県の周防灘沿岸浅海～沖合水域及び山口県，大分県，愛媛県の伊予灘沖合水域に形成される。産卵習性を利用したイカかご漁業は約 400トンを漁獲し，その漁期は春季の産卵期のみで，漁場は周防灘北部浅海域及び広島湾，安芸灘，備後芸予瀬戸の浅海と島しょ水域の産卵場にみられる。小型定置網

Table 1. Annual catches of *Sepiella japonica* by fisheries in the western part of Seto Inland Sea in 1980 (ton).

Fisheries \ Sea area	Suo Nada	Iyo Nada	Aki Nada	Bingo geiyo Seto	Hiuchi Nada	Total Catches
Small trawl	346	2083	235	201	138	3003
Small set net	61	62	2	75	34	234
IKa-pot	142	27	93	63	76	401
Surrounding net	—	31	—	—	—	31
Lift not	—	—	10	31	—	41
Gill not	24	64	82	66	28	264
Angling	1	14	11	29	0	55
Boat seine	8	76	6	23	0	113
Total catches	582	2357	439	488	276	4142

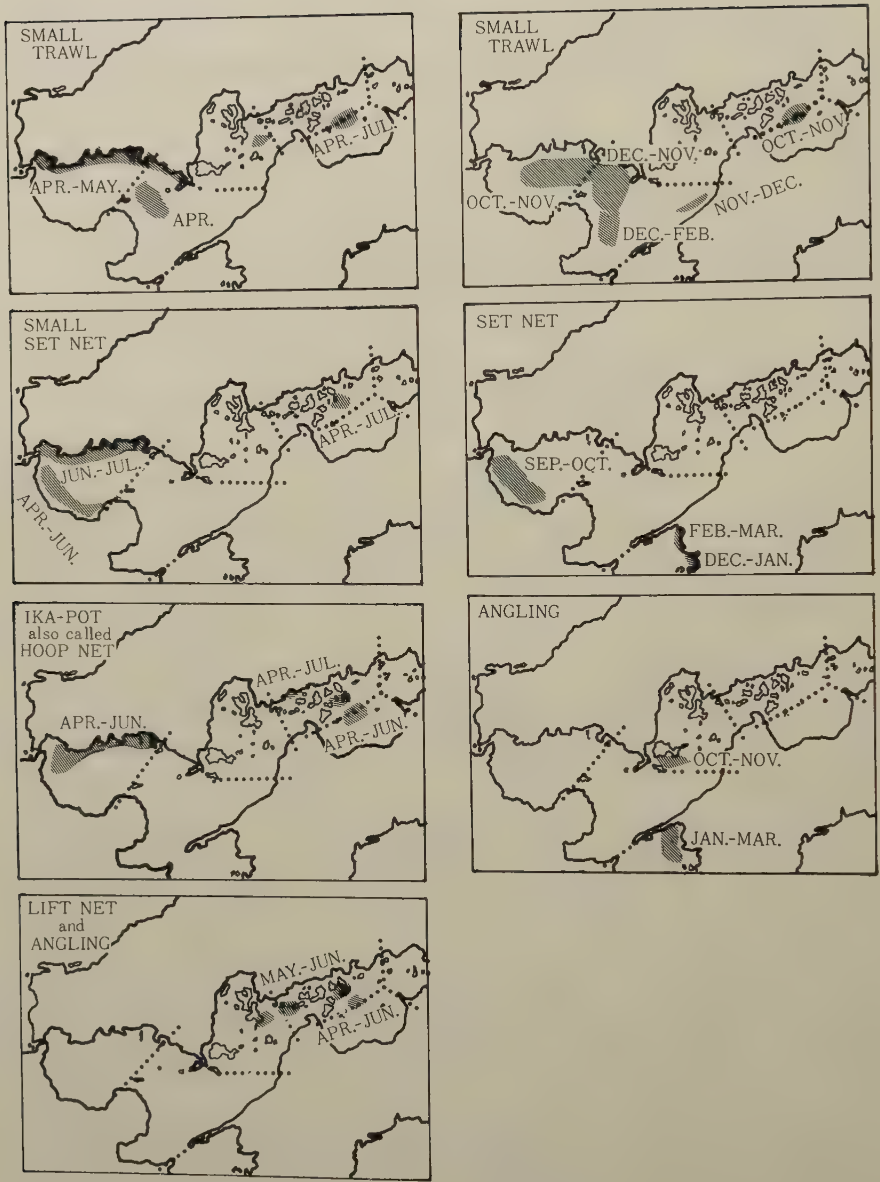


Fig. 3. Fishing ground of the cuttle-fish on each fishing method in the western part of the Seto Inland Sea.

の漁場は，春季には周防灘の浅海域と燧灘島しょ水域に形成され，秋季には主に周防灘浅海域を漁場として約200トンを漁獲している。この他，シリヤケイカを含むコウイカ類を混獲している漁業については，各種漁業の漁船に便乗して実態及び聞き取り調査（1978～'80）を行った。その結果，機船々曳き網漁業は，冬季主として伊予灘西岸の別府湾口北岸水域を漁場とし，76トンを漁獲している。中型まき網漁業は愛媛県佐田岬北岸水域で冬季に操業し，31トンを漁獲している。イカナゴを対象とする敷網漁業は本種を41トン混獲しているが，その漁場は春季に備後芸予瀬戸と安芸灘の島しょ間の砂州水域に形成される。本種を対象にした釣り漁業は，春季に備後芸予瀬戸で敷

Table 2. Mean catch in Uwa Sea and the western part of Seto Inland Sea from 1978 to 1980, in ton and % in parenthesis.

Seaon	Uwa Sea	Iyo Nada	Suo Nada	Aki Nada	Bingo Geiyo Seto	Hiuchi Nada	Total catches
Spring Apr.–Jul.	5 (0.4)	256 (23.6)	243 (21.4)	121 (10.7)	346 (30.5)	162 (14.3)	1133 (100.0)
Summer Aug.–Sep.	— (—)	45 (73.8)	5 (8.2)	2 (3.3)	6 (9.8)	3 (4.9)	61 (100.0)
Autumn Oct.–Dec.	28 (1.7)	1315 (81.4)	107 (16.6)	71 (4.4)	54 (3.3)	41 (2.5)	1616 (100.0)
Winter Jan.–Mar.	305 (9.7)	2779 (88.0)	62 (2.0)	7 (0.2)	4 (0.1)	1 (0.03)	3158 (100.0)

網漁場の周辺水域を漁場として29トン，秋～冬季に山口県伊予灘及び愛媛県宇和海の沖合域を漁場として，伊予灘では14トン，宇和海では約200トンを漁獲している。このように西部瀬戸内海における本種の年間漁獲量のうち，小型底曳網，小型定置網，イカかご漁業の漁獲量が約88%を占めている。

また，燧灘から宇和海に至る6水域の漁獲量の季節変化を検討するため，各水域における年間平均漁獲量に対する季節別，灘別漁獲割合を求めてTable 2に示した。これによると，年間平均漁獲量約6,000トンに対する季節別，灘別漁獲割合は冬季に53%と最も多く，次で秋季が27%，春季が19%と続き，夏季は1%と最も少ない。このように，本種はこの水域で周年漁獲されているが，春季（4～7月）と秋～冬季（10～3月）が主漁期となっている。春季には，伊予灘，周防灘，安芸灘，備後芸予瀬戸及び燧灘において96%が漁獲されている。夏季は1年のうちで最も漁獲量の少ない時期であるが，漁獲量61トンのうち74%が伊予灘で漁獲されている。秋季には周防灘及び伊予灘で98%を漁獲し，冬季には伊予灘と宇和海の漁獲量が98%を占めている。以上のように，西部瀬戸内海から宇和海にかけてのシリヤケイカは，春季には瀬戸内海奥部の周防灘，安芸灘～燧灘の内湾性浅海域で多く漁獲され，秋～冬季には，豊後水道域に近い伊予灘から宇和海を中心とする豊後水道北部水域にかけて多獲されている。

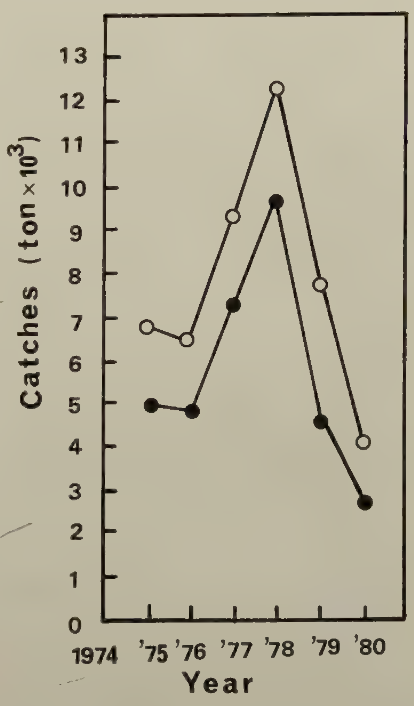


Fig. 4. Annual catches of *Sepiella japonica* and total catches of cuttle-fish in the western part of the Seto Inland Sea from 1975 to 1980.
(●): *Sepiella japonica*
(○): Cuttle-fish

さらに，本種の最近6年間の漁獲量の変動をみるため，1976～'80年の年間漁獲量を求めてFig. 4に示した。これによると，シリヤケイカの漁獲量はコウイカ類の約70%を占めており，1975年

の5,000トン台から1978年の10,000トン台に増大したが，翌々年には3,000トン台に激減しており，年間漁獲量にはかなり大きな変動がみられる。

III. 成　　長

シリヤケイカの寿命は一年と考えられており，産卵までの1年間の成長について検討を行った。イカの体長については，外套背長及び甲長が用いられているが，本研究では測定時の伸縮の少ない甲を用いて，Fig. 5，Fig. 6に示した測定軸すなわち甲長を測定してイカの体長とした。

甲長と外套背長との関係については，1979年8月～'80年7月の標本1,064個体によって求めFig. 7に示した。これにみられるように両者の関係には直線関係すなわち，M.L.＝2.124＋1.023

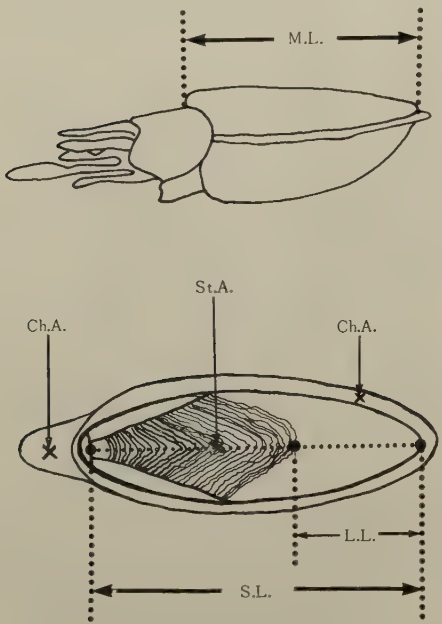


Fig. 5. Lateral view (upper) of *Sepiella japonica* and ventral view of its shell (lower). M.L., S.L. and L.L. are used in this study. M.L.: Mantle length, S.L.: Shell length, L.L.: Length of locular, St.A.: Striped area, Ch.A.: Chitinous area.

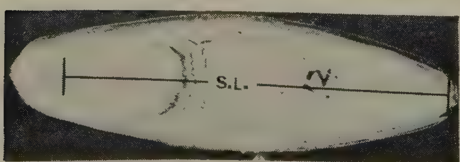


Fig. 6. Ventral view of shell length (S.L.) used in this study.

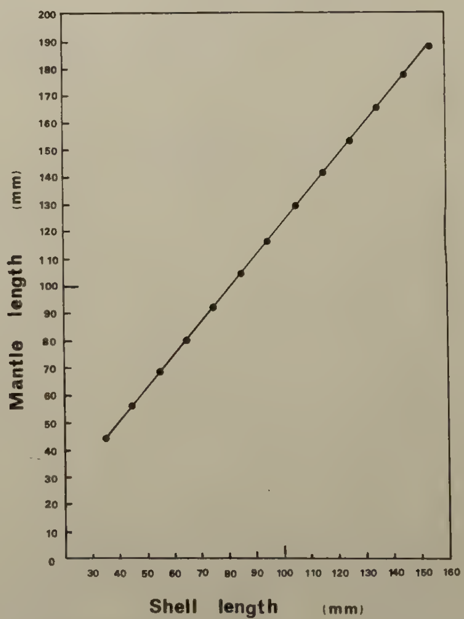


Fig. 7. Relation between shell length and mantle length.

×S.L.（M.L.：外套背長，S.L.：甲長，相関係数：0.9934）がみられる。

また雌雄による成長差をみるために，1979～'80年に採集した標本を用いて，月別，雌雄別の体長組成とその平均体長を求め Fig. 8 に示した。これによれば，雌雄間の大きさにはほとんど差がない。

年別成長変化と体長の月別変化を検討するため，1978年9月から'81年6月までの標本3,166個体を用いて，月別の平均体長と月別増加量を求めて，Fig. 9 に示した。

これによれば，年により発生時期の遅速あるいは成長の良否がみられる。また，成長には年によって変動があるが，1979年9月～'80年7月に示された成長が本種の標準的成長であるとみなされる。この期間に採集された試料918個体の月別平均体長と月間増加量の変化から月別の成長を推定すると，秋季の9月に浅海沿岸域に体長20～65mm（平均値：35.5mm）の稚・幼イカが出現する。その成長は極めて速く，翌月（10月）沖合水域へ移動はじめる頃には体長30～110mm（平均値：72.9mm）に成長し，以降に緩慢になりはじめ，越冬場への移動終了期の1月には体長70～140mm（平均値：125.5mm）に達する。産卵初期に当る4月には，体長123～155mm（平均値：133.3mm）に達する。したがって，月増加量も9月に最大を示し，その時の平均増加量は37.0mmである。その後急激に減少しはじめ11月には15.0mmとなる。11月以降の減少傾向はゆるやかとなり，1月の平均増加量は5.0mm，2～4月のそれは3.5mmと月の経過に伴って極めて小さくなっている。4月から7月までの漁期すなわち産卵期のイカの体長は，4月の当初に大きく，月の経過に伴って小さくなっている。このことは，成長が良く，早く成熟した群から順次移動をはじめ，産卵場に来遊するものと思われる。

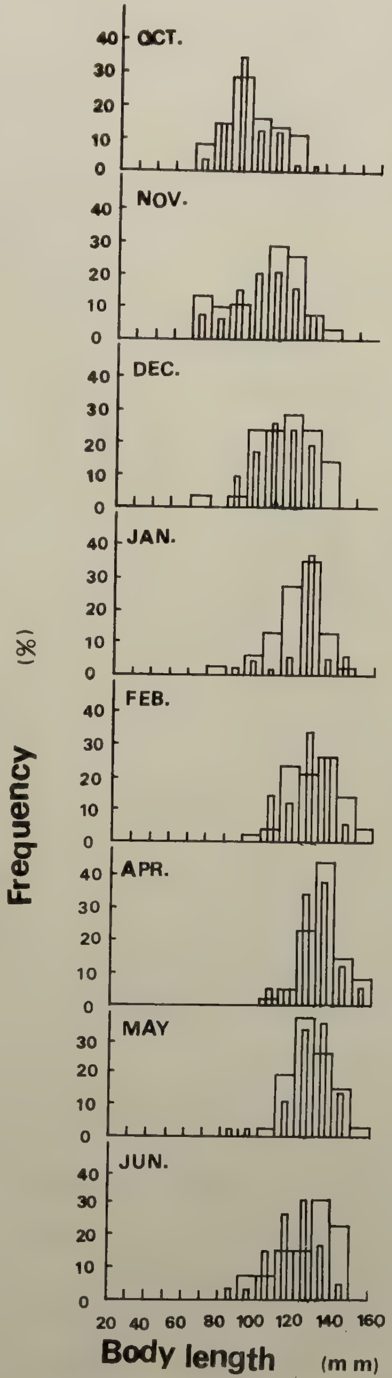


Fig. 8. Size composition on each sex and month.
Wide histogram : Male
Thin histogram : Female

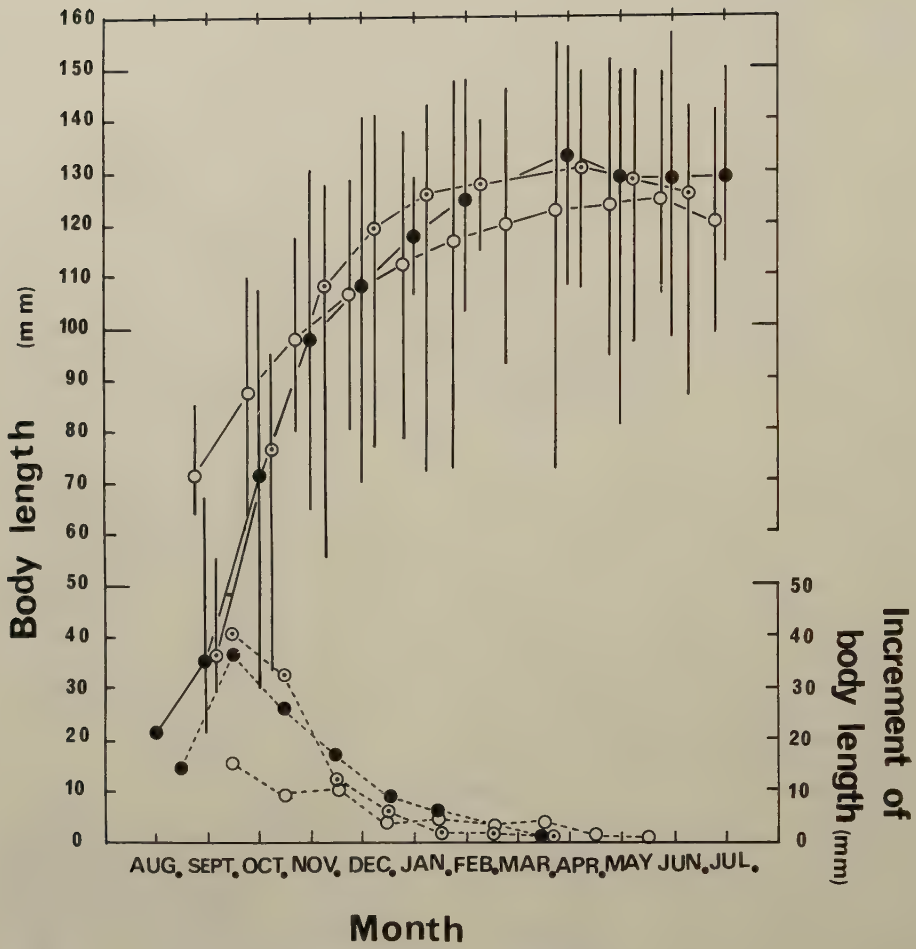


Fig. 9. Monthly changes in mean body length (vertical lines indicate body length range) and the increment of body length per month in the western part of the Seto Inland Sea.
(○ ; 1978–1979, ● ; 1979–1980, ◉ ; 1980–1981)

次いで，本種の生存期間を推定するために，1980年４～６月の間に採集された各月の標本から，同一体長範囲（100～130㎜）のものを50個体ずつ抽出し，同一体長群の体重と各部位重量の平均値を月別，雌雄別に求めて Fig. 10 に示した。これによると雌雄共に体重及びいずれの各部位重量も，４月から６月の２カ月間に減少している。特に，生殖器管重量を除いた腕～頭～内臓部重量及び外套重量の減少が体重の減少傾向に近似していることは，産卵期間の体力の消耗が激しいことを示唆しているものと考えられる。この現象と産卵期以降によく見られるコウイカ類の「流れイカ」現象，すなわち多量斃死現象と考え併せると，本種の寿命は満１年と推定される。

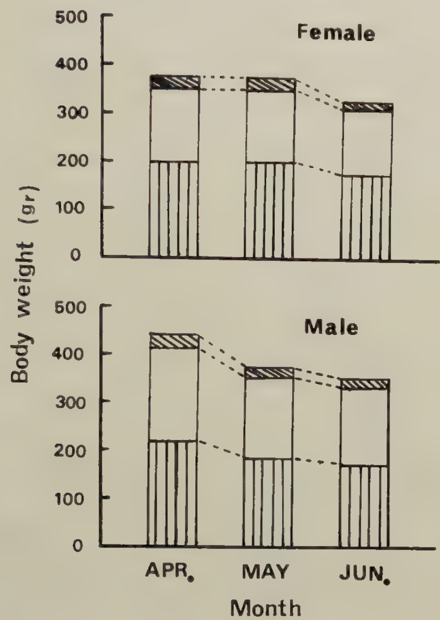


Fig. 10. Monthly changes of weight of mantle, arm-head-viscera part, and genital organ. (▥ : Mantle, □ : Arm-head-viscera, ▨ : Genital organ)

IV. 相　対　成　長

シリヤケイカは，前述のように生後1年で成長，成熟して産卵後に死亡すると考えられるが，その期間における相対成長の変化を検討した。材料は主として1979年8月～'80年6月に西部瀬戸内海の小型底曳き網，小型定置網，イカかご漁業の漁獲物から採集した標本（918個体）の測定資料を用いた。また甲幅，甲高，腕長，肝臓重量，甲重量の測定値は，1972年3月～'73年6月に行われた紀伊水道における本種の資源調査資料（694個体）を用いた。先ず，体長に対する体重，外套重量，肝臓重量，甲重量等の関係を Fig. 11 に示した。

これによると，いずれも雌雄ともに曲線関係が認められ，それらを両対数に変換して Fig. 12 に示した。Fig. 12・Aによれば，体長－体重関係は雌雄の判別が難しい体長65㎜までを含めて105㎜までは，一定の関係がみられるが，105㎜で増加率に変化が生じる。その後，雌雄共にその増加率は低下するが，その低下の傾向には雌雄差があり，雌の増加率は雄のそれにくらべて小さい。また，Fig. 12・Bによれば，体長－外套重量関係については，その増加率は体長40㎜のところで変化し，それ以降105㎜までは一定の関係を保って増重している。体長105㎜を超えると，再び増重率は変化し雄・雌共に低下するが，雌の増重率は雄のそれとくらべて小さい。さらに Fig. 12・Cによれば，体長－甲重関係は体長75㎜までは，一定の関係を保ち増重するが，75㎜を超えると，体長110㎜のところで増重率が変化して高まる。Fig. 12 のDによれば，体長－

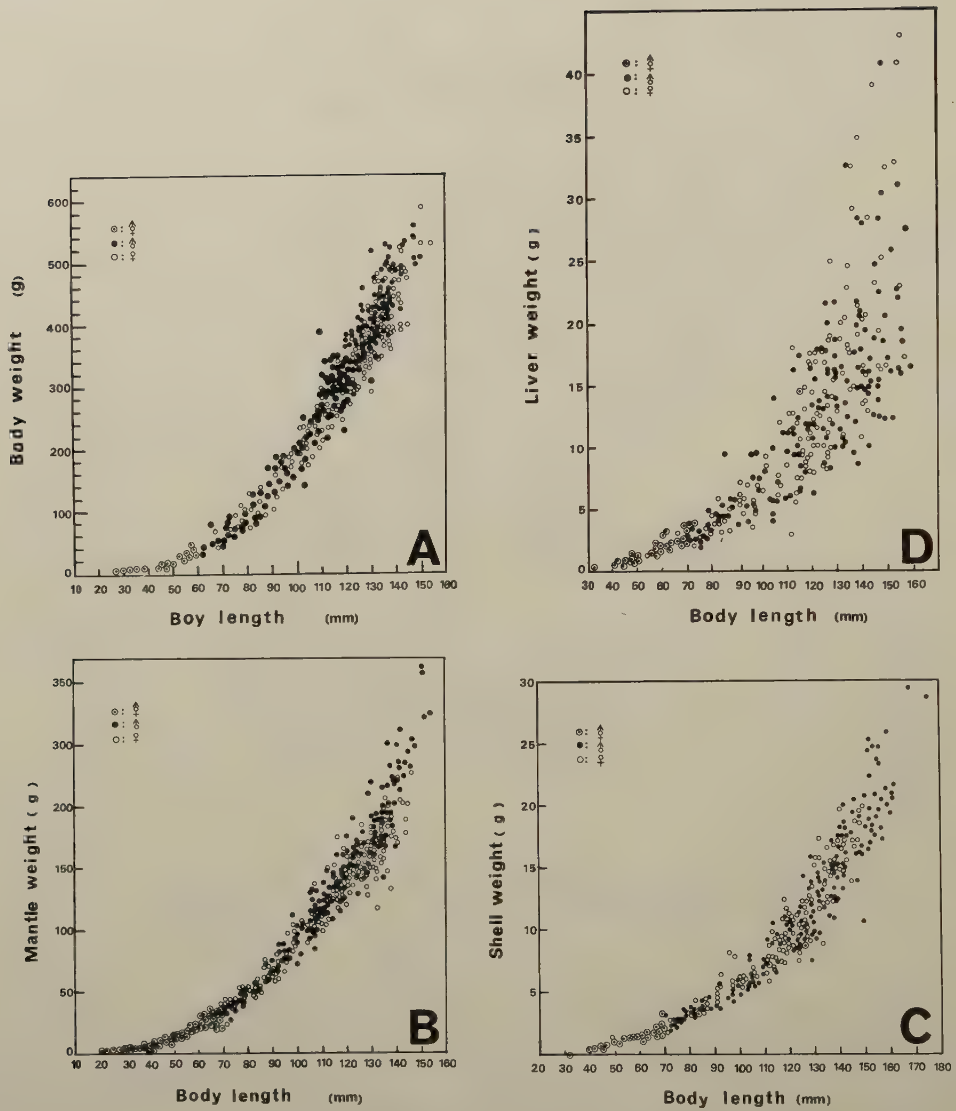


Fig. 11. Relations between body length and body weight(A), mantle weight(B), shell weight(C)and liver weight(D).
(●) : Malle, (○) : Female, (⊙) : Sex unidentified.

肝臓重量の関係は，体長 115㎜の ところに増重率が変化するのがみられ，これより体長が伸びると，その増重率は低下する。このように体長一体重関係では体長 105㎜，外套重量と の関係では体長45㎜， 105㎜， 甲重量では75㎜，110㎜及び 肝臓重量との 関係では 115㎜の ところでそれぞれ増重の様式が大きく変化している。

次いで，体長一（体部位重量／体重）関係については， Fig. 13～15 に示したように， 外套重量の割合は雄・雌共に体長75㎜までは一定植を示すが，75㎜のところで変化し， 125㎜ まで増大している。125㎜を超えるとこの値は低下する。

甲重量の割合は，雄・雌共に体長70㎜までは一定値で推移しているが，70㎜のところで変化し

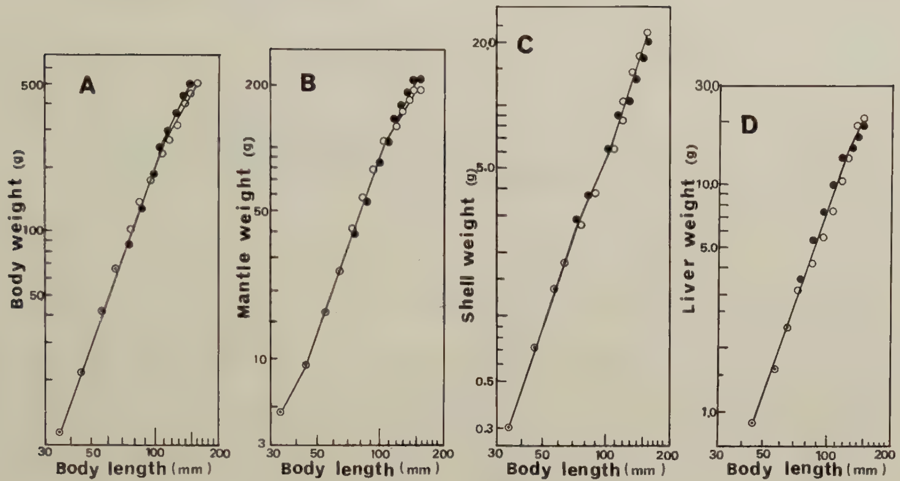


Fig. 12. Relations between body lenght and body weight(A), mantle weight(B), shall wight(C) and liver weight(D).
(● : Male, ○ : Female, ◉ : Sex unidentified)

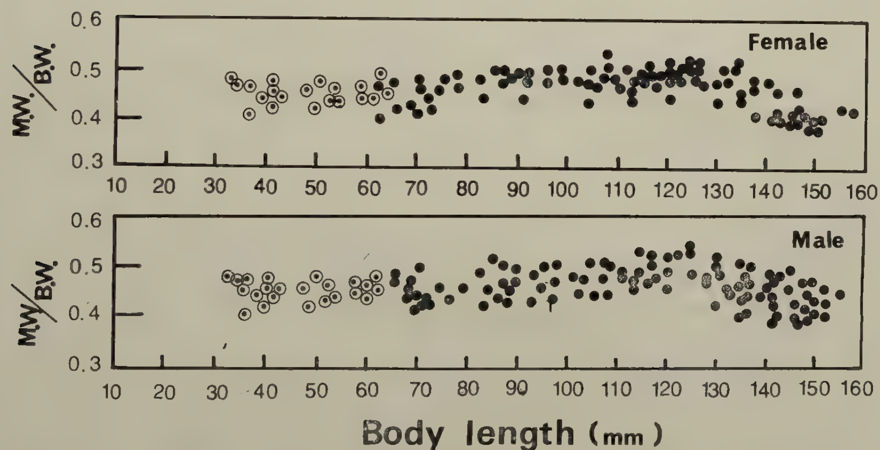


Fig. 13. Changes of the rate of mantle weight(M.W.) to body weight(B.W.).
◉ : Sex unidentified.

125㎜までゆるやかに増大する。125㎜を超えると，雄では値がやや低下し，雌では概ね一定の最大値をとるようになる。

肝臓重量の割合は，雄・雌共に変異が他の形質にくらべて大きく，特に雄で大きい。したがって，この割合の上限の値から体長の伸びに対する変化を推定すると，体長30～115㎜の間はこの割合が増大するが，115㎜以上になるとその増大傾向に変化が起り，雄では概ね130㎜で最大値を示し，雌では140㎜で最大値を示すようになる。以上述べたように，これら各部位の体重に対する割合が大きく変化する体長は，外套重量では70㎜，125㎜，甲重量では70㎜，125㎜，肝臓重量では115㎜である。

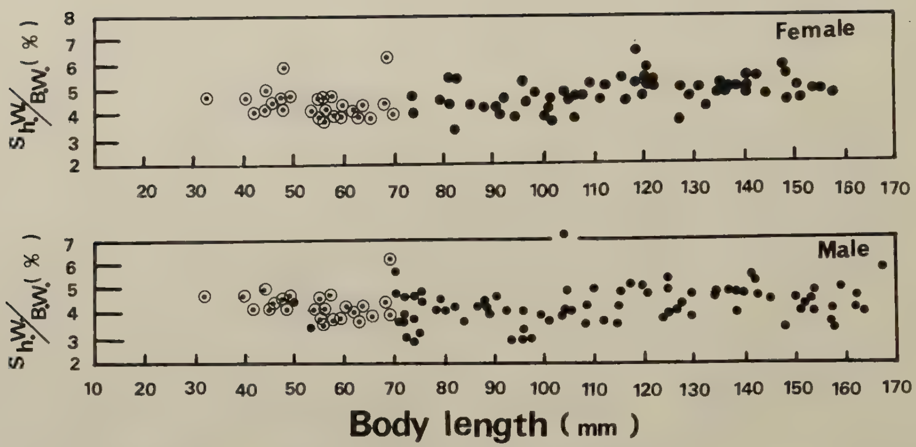


Fig. 14. Changes of the rate of shell weight(S_h.W.) to body weight(B.W.).
◉ : Sex unidentified.

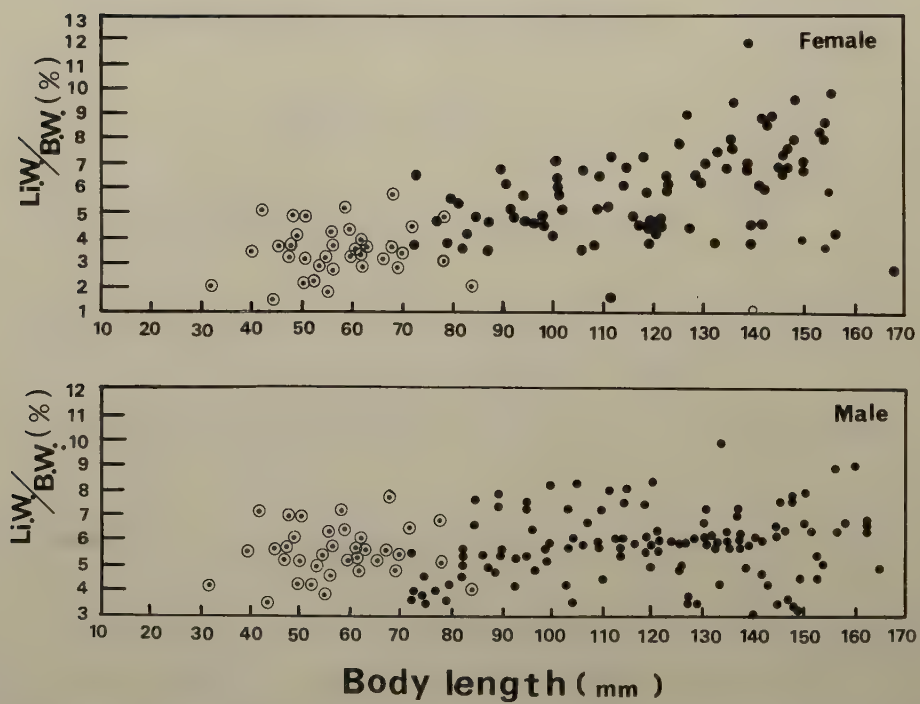


Fig. 15. Changes of the rate of liver weight(Li.W.) to body weight(B.W.).
◉ : Sex unidentified.

次に，成長に伴う肥満度－{（体重/体長^3）×10^4} の変化を求めて Fig. 16 に示した。雄・雌共に肥満度は体長25～125㎜まで減少傾向を示すが，25～75㎜では急激に減少し，75㎜を超えると減少傾向は緩慢となり，125㎜で最低値に達する。すなわちシリヤケイカの体の比重が1とすると，上に述べた肥満度の変化から本種は稚・幼イカ期に，一生において肥満状態が最大であるような体型を示し，成長するに伴って相対的にやせ型の体型を雄・雌共に示すようになる。

さらに，体の支持組織である甲の形態の成長に伴う変化を検討するために，体長～甲幅，体長～甲高の関係を Fig. 17 に示した。これによれば，先ず体長～甲幅関係は，体長125㎜までは雄雌共に変化がみられず，直線的に増大するが，125㎜のところから変化が起り雄が雌にくらべて成長率が高くなっている。雌の成長率は125㎜を境にして僅かに低下している。また，体長～甲高関係は体長約110㎜までは雄・雌共に直線的に増大するが，雄は105㎜，雌は115㎜のところで変化し，共に成長率が低下する。その低下の度合は雌で著しい。

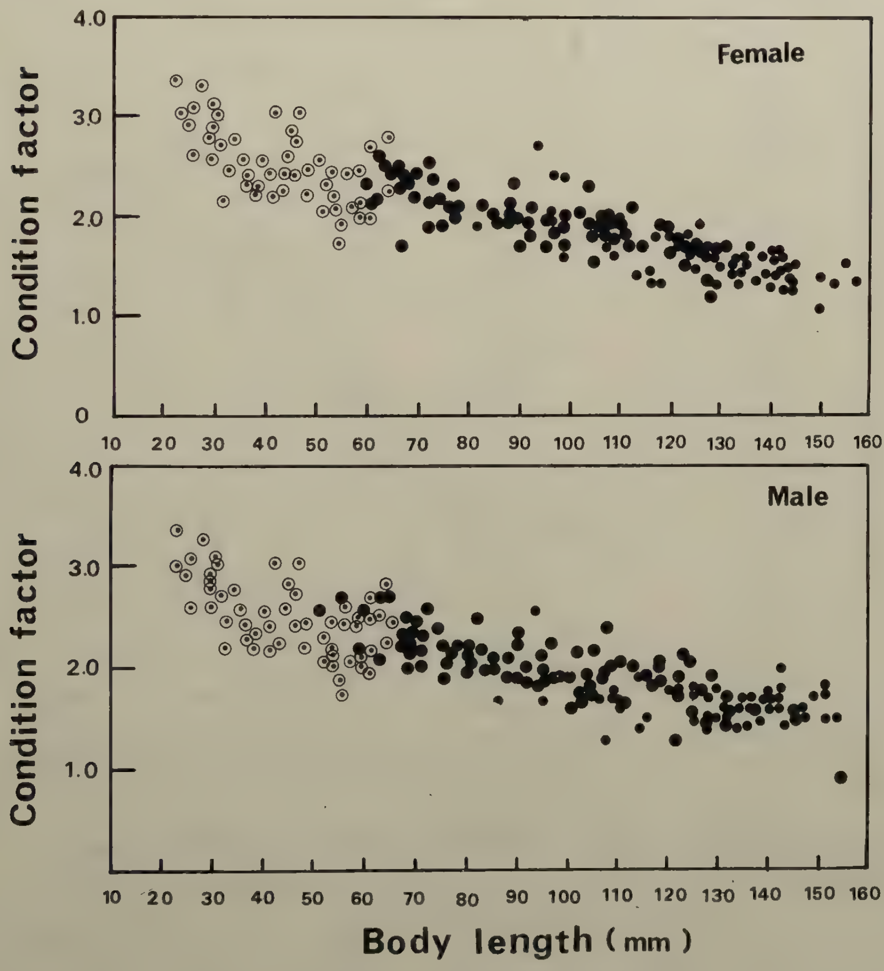


Fig. 16. Changes of the condition factor by sex.
◉ : Sex unidentified.

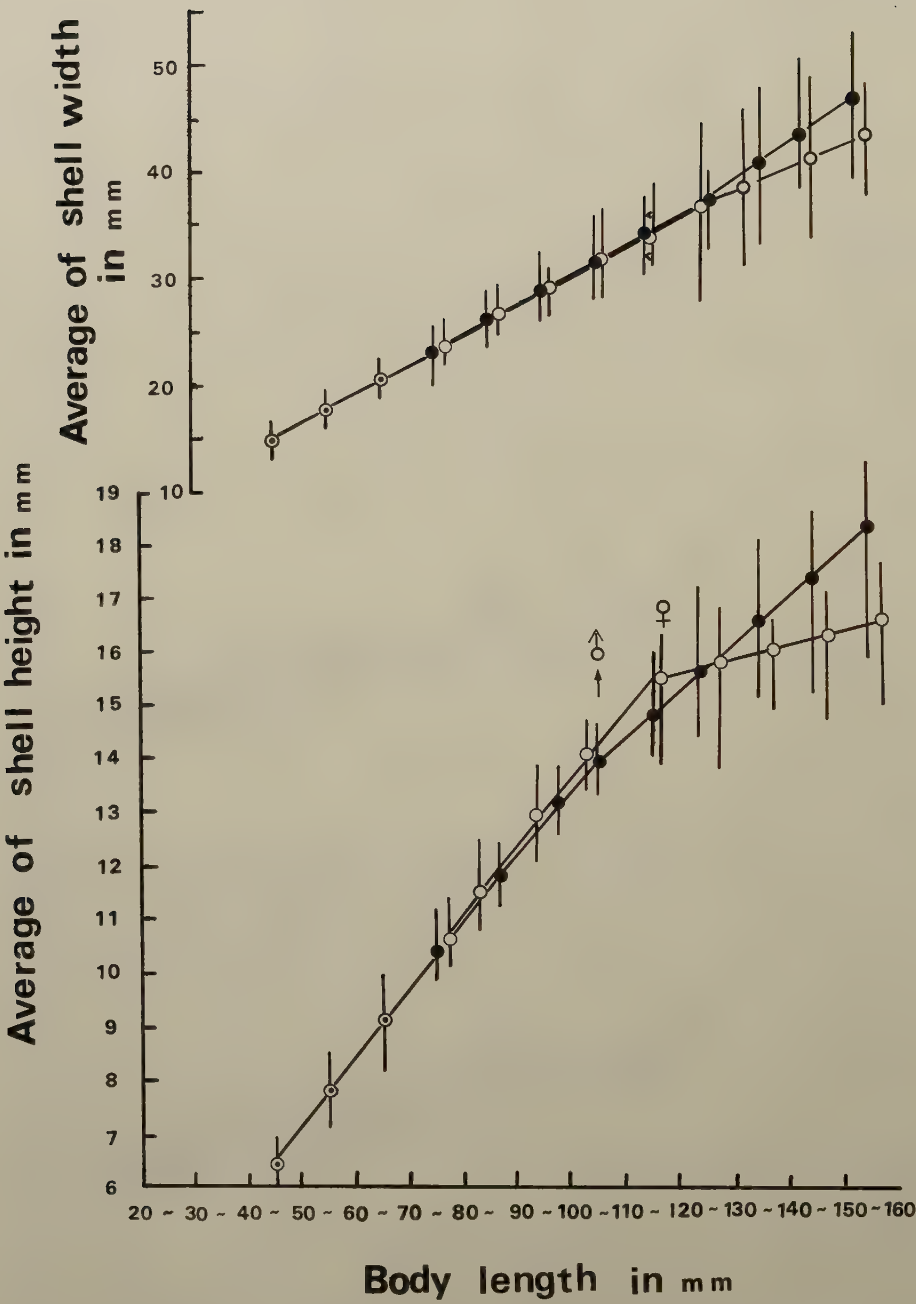


Fig. 17. Relation between body length and shall width, and shell height (or also called the thickness of shell).
◉ : Sex unidentified.

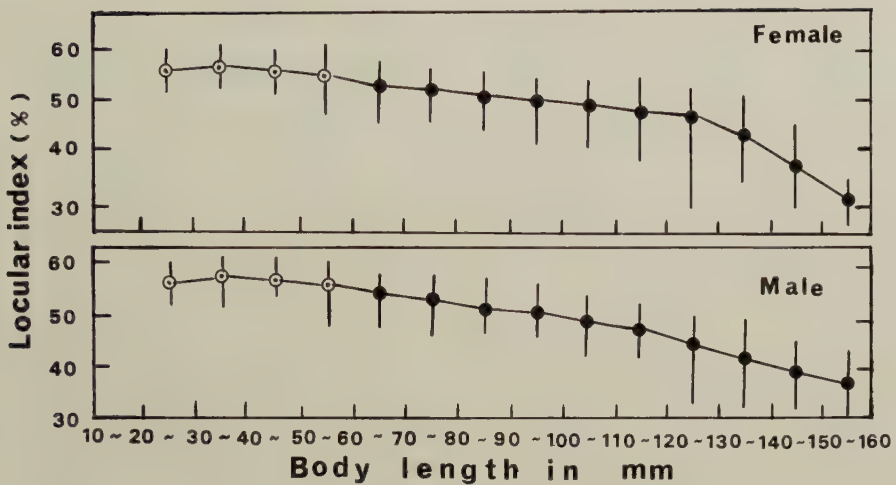


Fig. 18. Relations between body length and locular index on each sex.
◉ : Sex unidentified.

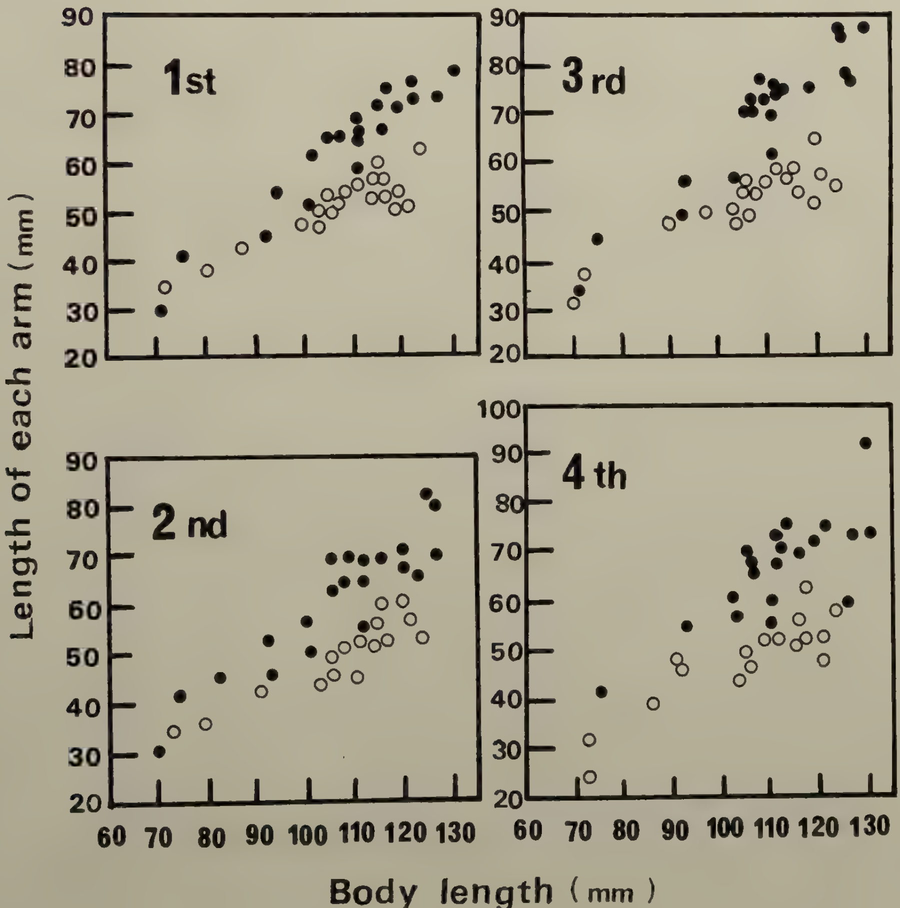


Fig. 19. Relations between body length and the length of 1st, 2nd, 3rd, and 4th arm. Each length of the arm is measured on only a right side.
(●) : Male, (○) : Female.

甲の腹面には，基部から輪紋が形成されている部分と全く形成されていない凹みの部分とがある。この輪紋のない部分，すなわち無輪帯の体軸上の長さの甲長に対する百分率（無輪帯率）は，八木（1960）によるとコウイカ類の種的特性値または年令形質を示すものと考えられていたが，その後崔（1962）によると，この値は成育条件によって変化することが確かめられている。さらに，甲腹面の輪紋滞部の増長は，内臓の発達と密接な関係があるものと考えられている。このことから，無輪帯率はイカの成長過程を区分する1つの特性値として用いることが出来ると考えて，無輪帯率の成長に伴う変化を検討した。体長10㎜ごとの無輪帯率の平均値，最大値，最小値を求めて Fig. 18 に示した。無輪帯率は雄・雌共に体長25～55㎜のところで最大を示し，55㎜を超えると雄では 115㎜，雌では 125㎜まで緩慢に減少し，これらの体長を超えて大きく成長すると急に雄・雌共に減少率が大きくなり，約 155 ㎜で最小となっている。この体長 115 ㎜で生ずる変化は，肝臓重量や生殖巣重量の増大期または最大に達した時期に対応している。

次に，本種の腕長についての成長過程を検討した。先ず，各腕長の月別平均値を求め第1腕長を1とした時の他の腕長の比率を求めて Table 3 に示した。これによれば，長いものから順に 4，3，2，1 腕となっている。

さらに，各腕長の成長に伴う変化をみるために，雄・雌別に体長に対する各腕長の関係を求めて Fig. 19 に示した。図によると，腕の成長率には雌雄差があり，雌が雄にくらべて小さい。第

Table 3. Seasonal ratios of each arm (2nd, 3rd, 4th) length to 1st arm length on each sex.
($\bar{x}$: Mean, s: Standard deviation, c.v.: Coefficient of variation)

Number of arm		Male					Female				
Year	Month	I	II	III	IV	Body length (㎜)	I	II	III	IV	Body length (㎜)
1972	OCT.	1.0	1.02	1.08	1.25	73.8	1.0	1.00	1.06	1.17	71.6
〃	NOV.	〃	1.00	1.20	1.40	91.3	〃	0.96	1.02	1.17	103.2
〃	DEC.	〃	0.98	1.09	1.24	100.3	〃	0.94	1.00	1.22	103.4
1973	JAN.	〃	1.00	1.08	1.20	110.0	〃	0.96	1.04	1.19	108.0
〃	FEB.	〃	1.51	1.64	1.30	124.6	〃	1.20	1.28	1.26	119.3
〃	MAR.	〃	0.97	1.04	1.15	111.4	〃	0.98	1.01	1.16	110.1
〃	APR.	〃	1.00	1.09	1.21	110.9	〃	0.98	1.02	1.19	115.7
〃	MAY	〃	0.94	1.05	1.14	125.5	〃	1.00	1.00	1.14	119.6
〃	JUN.	〃	1.00	1.07	1.13	69.6	〃	1.00	1.07	1.17	69.7
〃	JUL.	〃	1.04	1.10	1.28	92.3	〃	0.93	1.04	1.29	89.9
〃	NOV.	〃	0.94	1.03	1.14	109.6	〃	0.94	0.98	1.16	104.6
〃	DEC.	〃	0.94	1.04	1.15	117.8	〃	1.00	1.05	1.22	115.2
1974	JAN.	〃	0.98	1.09	1.17	106.4	〃	0.96	0.96	1.15	103.5
〃	FEB.	〃	0.96	1.08	1.22	104.6	〃	0.96	1.04	1.24	106.0
〃	APR.	〃	0.99	1.04	1.13	105.4	〃	0.98	1.02	1.18	114.1
〃	JUN.	〃	1.02	1.11	1.33	128.9	〃	0.84	0.87	1.10	122.7
$\bar{x}$		1.00	1.02	1.11	1.22	—	1.00	0.98	1.03	1.19	—
s		—	0.13	0.15	0.08	—	—	0.07	0.08	0.05	—
C.V.		—	13.21	13.08	6.63	—	—	7.32	7.98	4.03	—

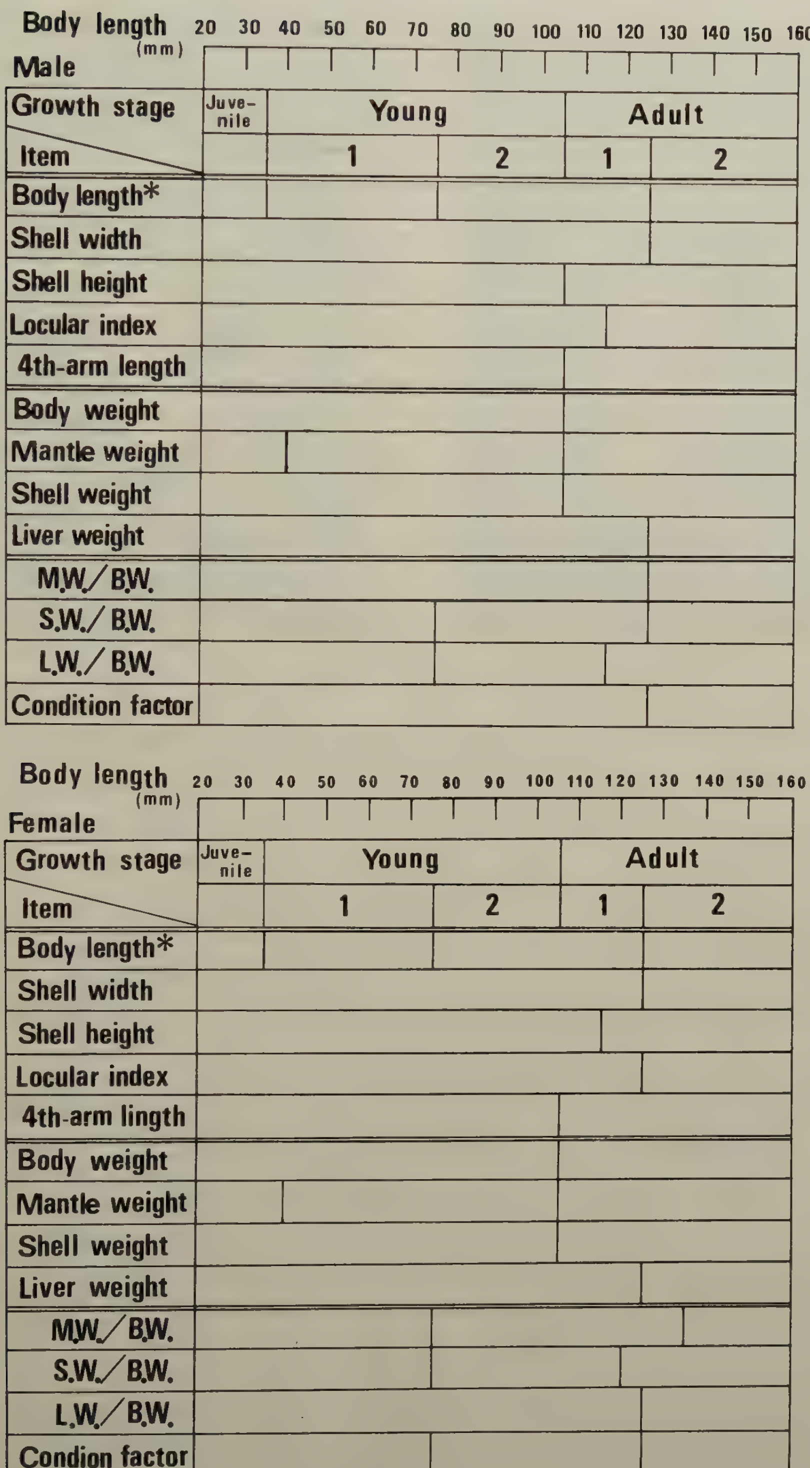


Fig. 20. Inflection periods of some biological characters with growth of *Sepiella japonica*.
M.W.: Mantle weight, S.W.: Shell weight, L.W.: Liver weiht, B.W.: Body weight, Body length* : Increment of body length.

1腕は，雄では直線的に伸長し，体長70～130㎜の間では変化がみられない。雌では115㎜で変化が生じ，ほぼ最大値に達している。第2腕は，雄・雌共に体長約105㎜のところで変化を生じ，最大値に達する。第3腕は，雌では体長100㎜のところで変化を生じ，伸長率は極めて小さくなり腕長はほぼ最大値を示すようになる。雄では体長約100～110㎜で変化を生じ，伸長率は増大している。第4腕は雄・雌共に体長105㎜のところで変化し，雄・雌共に小さくなっているが，雌の伸長率は雄のそれにくらべて極めて小さい。この腕長の成長過程の雌雄差は，本種の交接時に雄の第4腕が雌の頭～腕部を包み込む行動と関連していることを示唆するものと考えられた。また本種の交接行動が開始される時期は，産卵前であることが認められているが，これら腕長の成長過程が変化する体長100～105㎜は交接可能な時期に対応している。

以上を総合すると，本種は1年で成長・成熟して産卵後死亡するまで，体各部の相対成長には，その相対値の大きく変化する時期及び最大又は最小に達する時期等が認られ，これらを Fig. 20 に示した。これより体形と体部位の主要な変化は，ほぼ体長35，75，105，125㎜に生じており，これらの体長を境にして35㎜未満；稚幼イカ期，35～75㎜；若イカ1期，75～105㎜；若イカ2期，105～125㎜；成イカ1期，125㎜以上；成イカ2期等の発育期に区分することができる。

このように，魚類と異って発育を特徴づける形質に乏しい本種では，ここにとりあげた各相対成長の特性値の変化を総合的に検討することによって，成長の大きく変る時期や特性値の最大，最小値及び一定値を示す時期や期間を把握することが可能となり，本種の生活史を発育段階に区分できると考えられた。

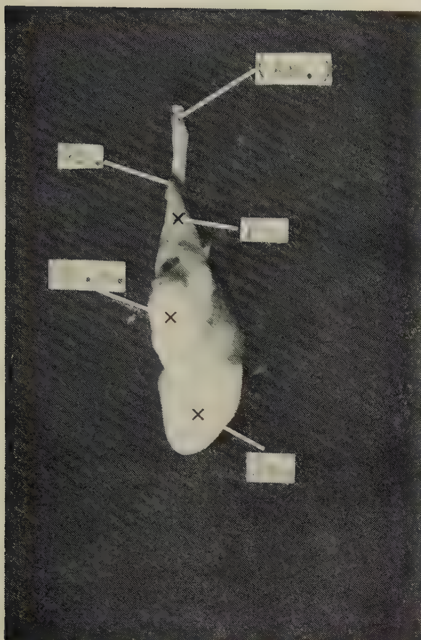
V. 成　　熟

シリヤケイカの成熟については，性比，精巣，精莢のう，卵巣，輪卵管重量等を測定し，また適時に卵巣内卵数，輪卵管内卵数，卵経等を計測した（Fig. 21）。これらの資料を用いて，生殖腺熟度指数の季節的変化及び産卵様式を明らかにした。

性比：肉眼による生殖巣の観察から雌雄の判別は，10月に漁獲される体長約65㎜以上の大きさの個体から可能になる。

性比をみるために，1978年12月～'79年11月に西部瀬戸内海から宇和海にかけての水域で，小型底曳き網，イカかご，刺網，大型定置網漁業による漁獲物から採集された1,690個体について，灘別，月別に性比を求めて Table 4 に示した。これによれば，時期，水域及び漁業種類によって，必ずしも雄に対する雌の比は1にはなっていないが，1年を通してみるとその性比は概ね1：1と推定される。

生殖腺の成熟過程：生殖腺の季節変化，産卵期及びこの期の成熟状態を検討するため，先ず，1979年10月～'80年7月に採集した標本から雄292個体と雌338個体を用い，体重と生殖腺重量を測定した。これに基づいて，生殖腺熟度指数：$M_F = GW \times 10^2 / (BW - GW)$ ［BW；体重，GW；精巣と精莢のう重量，卵巣と輪卵管重量］を求めて，雌雄別，月別の変化を Fig. 22 に示した。これによると，雌では生殖腺熟度指数は1月になって増大しはじめて，3～4月に急激に



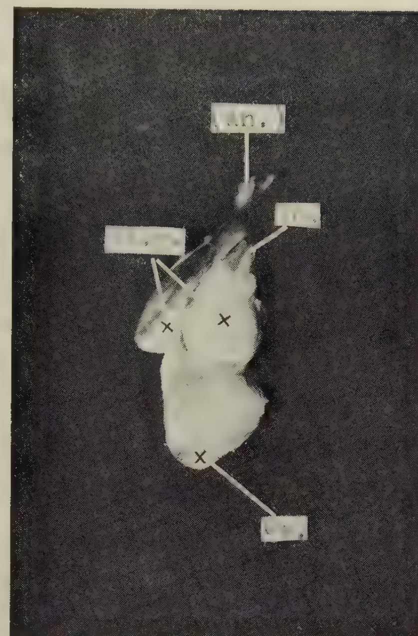


Fig. 21. Male reproductive system(left) and female reproductive system(right) of *Sepiella japonica.*
Te.: Testis, Sp.s.: Spermatophoric sac, : Pe.: Penis, Go.: Genital opening, (An.): Anus, Ov.: Ovary, Ni.g.: Nidamental gland.

Table 4. Sex ratios of *Sepiella japonica* by sea area and fisheries from Dec., 1979 to Nov., 1980.
(S.T.: Small trawl, L.S.N.: Large set net, S.S.N.: Small set net, I.P.:Ika-pot, G.N.: Gill net)

Date		Sea Area	♂	♀	♂+♀	♀/♀	Fishery
1978	DEC.	Iyo Nada	61	64	125	1.05	S.T.
1979	JAN.	Uwa Sea	28	21	49	0.75	L.S.N.
〃	FEB.	Iyo Nada	95	120	215	1.26	S.T.
〃	〃	Uwa Sea	20	30	50	1.50	L.S.N.
〃	〃	Suō Nada	21	39	50	1.37	S.S.N.
〃	MAR.	Iyo Nada	40	39	79	0.98	〃
〃	〃	Suō Nada	36	45	81	1.25	〃
〃	APR.	Suō Nada	53	31	84	0.58	I.P.
〃	〃	Iyo Nada	24	26	50	1.08	G.N.
〃	〃	Bingo geiyo	35	43	78	1.23	L.N.
〃	MAY	Suō Nada	147	135	282	0.91	S.S.N.
〃	〃	Bingo geiyo	69	43	112	0.62	L.N.
〃	JUN.	Suō Nada	63	86	149	1.37	I.P.
〃	JUL.	〃	5	7	12	1.40	S.S.N.
〃	OCT.	Suō Nada	60	53	113	0.88	〃
〃	NOV.	Suō Nada	73	43	116	0.59	〃
〃	〃	Uwa Sea	31	14	45	0.45	L.S.N.
SUM.			861	829	1,690	0.96	

増大する。5月にはすべての個体が約3.0以上の 高い値を示し，その平均値は最高値を示すようになる。6月に減少しはじめるが，7月まで比較的高い値を示している。雄は雌とは傾向を異にし，10月から増大しはじめ，2月まで季節の推移に伴って急速に増大し，この期の生殖腺熟度指数は雌よりも高い。これ以降増大はゆるやかになり，最高に達する4月の値は全ての個体において2.5以上を示し，その平均値は約6.0を示した。この生殖腺熟度指数の季節変化から産卵期は4～7月と推定される。又この生殖腺熟度指数の月別変化と前に述べた体長の月別変化とを対比すると，この指数の主要な変化は雄では平均体長75㎜，125㎜，雌では120㎜，130㎜で生じていると推定される。

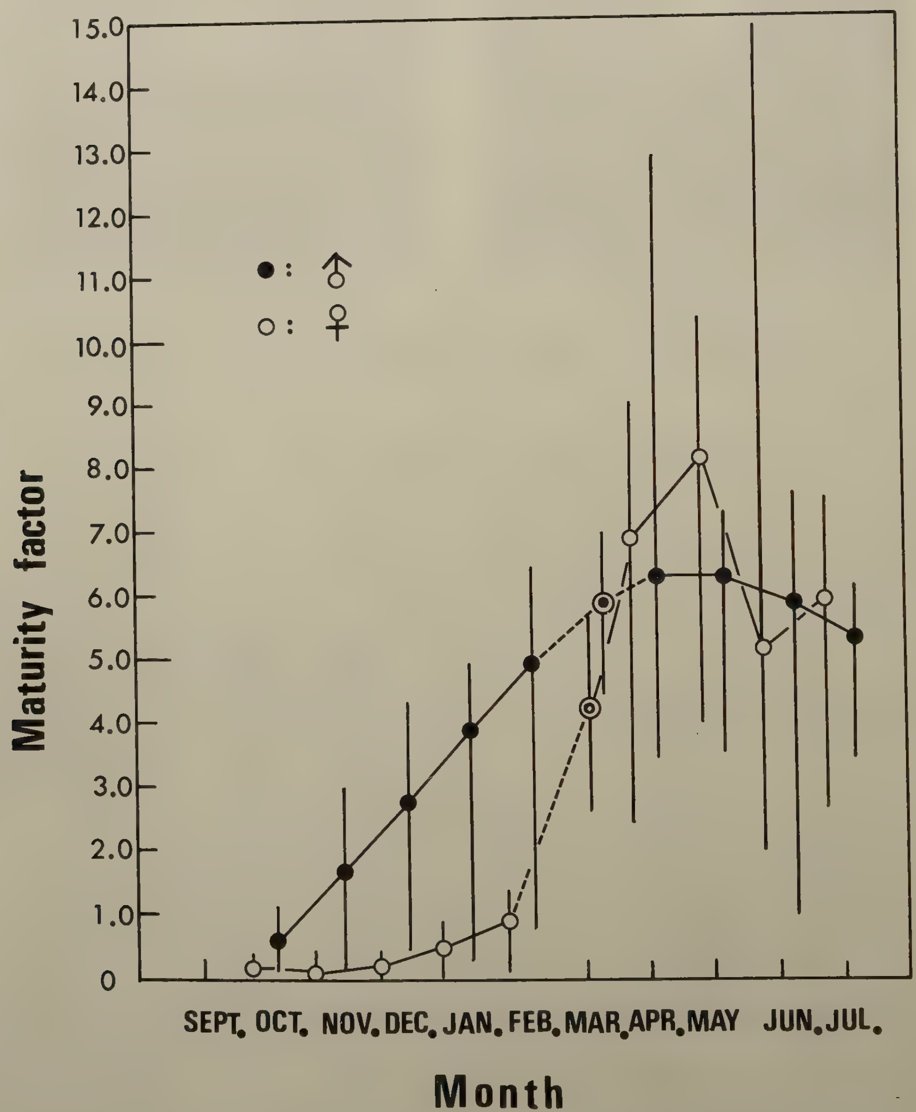


Fig. 22. Seasonal changes of group maturity factor on each sex in the western part of Seto Inland Sea from Sept., 1979 to Jul., 1980.
(—◉—; Male, —◎—; Female, from the data in Mar., 1978)

雌の生殖腺の付属器管で，産卵に際して卵を産卵床に粘着させるための物質を分泌すると考えられている纒卵腺重量の体重に対する割合の季節変化について検討し，Fig. 23 に示した。この図によると，11月になって増大し，4月に最大値に達している。このように前に述べた雌の生殖腺熟度指数の季節変化に対応して増大し最高値に達していることから，雌の産卵条件は4月になって整うものと考えられた。また成熟が開始される11月以降は，前にも述べたように体長の増加量が減少する過程に当り，1月以降成熟が急速に進む時期は，体長の増加量が極めて小さく，生殖腺熟度指数が急激な増大を示すようになる時期に対応している。このことから，成熟様式の変化する時期は，体長変化の規則性が変化する時期と関連していることが認められた。

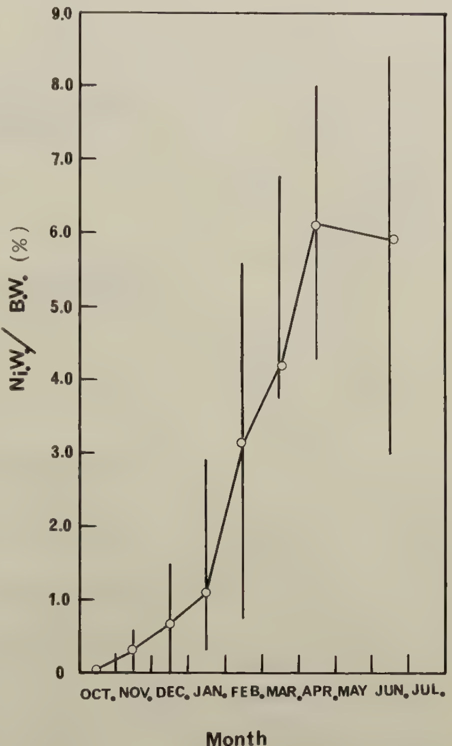


Fig. 23. Seasonal changes of the ratios of nidamental gland's weight to body length.
(Ni.W. : Nidamental gland's weight, B.W. : Body weight)

次いで，産卵期における体長の伸びに伴う生殖腺熟度指数の変化をみるために，4～6月の体長一生殖腺熟度指数関係を Fig. 24 に示した。これによると，この期に出現した体長範囲では体長の伸びによる生殖腺熟度指数の変化は認められず，同一体長の個体間における変化の方が大きい。体長約80～100㎜の比較的小さいイカの生殖腺熟度指数は，4.0以上に達している。この産卵期の小

Table 5. Ratios of individual number of *Sepiella japonica* having spermatophore in the spermatophoric sac or matured eggs in the oviduct to observed ones.

	Individual numbers of observed *S. japonica*		Ratio of *S. japonica* having spermatophores	Ratio of *S. japonica* having matured eggs
	Male	Female	Male (%)	Femal (%)
Oct.	20	28	0	0
Nov.	25	24	4	0
Dec.	32	40	83	0
Jan.	42	39	78	0
Feb.	81	99	98	0
Mar.	64	66	100	24
Apr.	40	34	100	100
May	53	27	100	100
Jun.	9	10	100	100

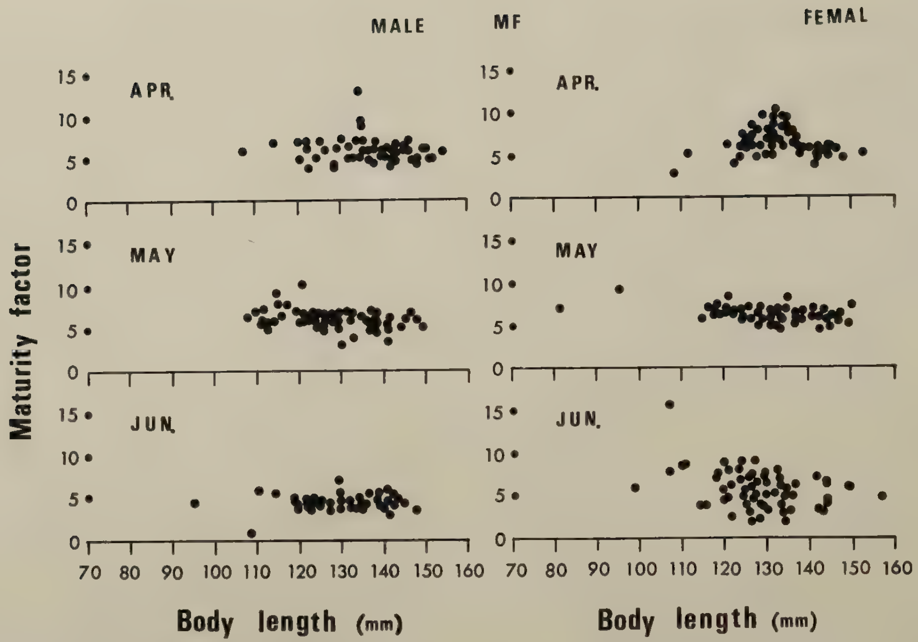


Fig. 24. Relations between body length and maturity factor on each sex in spawning season from Apr., to Jun., 1979.

型イカの成熟状態を明らかにするために，前にのべた紀伊水道における本種の調査資料から，輸卵管に完熟卵，精莢のうに精莢がそれぞれ認められる個体の月別出現割合を Table 5 に示した。これによると，雄では11月から精莢が精莢のう中に見られる個体が出現しはじめ，12月には急速にその割合が高まり，３月には標本の全個体の精莢のうは精莢で充たされている。雌では，３月になって熟卵が輸卵管に認められる個体が出現しはじめ，４月の標本では全個体の輸卵管が熟卵で充たされている。このようにシリヤケイカでは大多数の精莢と熟卵は，初回の産卵が開始されるまでに，精莢のうと輸卵管に送り込まれて貯えられる。このことから卵巣が完全に成熟する季節は３～４月，精巣が完熟するのは12～１月と考えられる。また，前に述べた生殖腺熟度指数の平均値が最高を示す月，すなわち雄では４月，雌では５月のこの値の下限が，雄では3.5，雌では4.0であることを考え併せると，産卵期にみられた体長範囲85～155㎜のものはすべて産卵可能な個体であると考えられる。

卵巣の熟度と卵径組成：卵巣の熟度と卵径組成との関係をみるため，Table 6 に示した４個体

Table 6. Number of eggs and some other records related to Fig. 25.

Date	Sea area	Body weight (g)	Ovary and oviduct weight (g)	Numbers of egg
Apr. 26, 1979	Bingogeiyo Seto	354	26.5	1266
May 26, 1979	Bingogeiyo Seto	396	35.0	2582
Jun. 4, 1979	Bingogeiyo Seto	415	28.5	3126
Feb. 17, 1980	Iyo Nada	309	3.9	462

を試料とした。10%ホルマリンで固定した卵巣及び輸卵管の卵を水を入れたシャーレにとり，よくほぐして万能投影栈下でミクロメーター・メカニカルステージを用いて，1/100㎜の単位で0.5㎜以上の卵径を読みとり，その卵径を0.5㎜ごとに集計して卵径組成を求め，Fig. 25に示した。卵の熟度は肉眼によって卵が乳白色を呈しているものを未熟卵，黄色不透明なものを成熟卵，黄色透明な卵を完熟卵とした。Fig. 25によれば，2月17日の試料は越冬期のもので，卵径0.5㎜以下の未熟卵で充たされている。4月26日，5月26日の両試料は産卵期のもので，2.0㎜以上の成熟，完熟卵団と2.0㎜以下の未熟卵団とに分れている。6月4日の試料は放卵後の個体のものと考えられるが，卵径3.0㎜以上の完熟卵の減少が認められる。この卵径組成の分布型，すなわち未熟卵から完熟卵まで順次連続的に熟度が進んでいることから，本種の産卵は1回で終るのではなく，何回かに分けて行われるものと推定される。

卵巣及び輸卵管内卵数：本種の卵巣及び輸卵管内卵数については，1981年4～6月における福岡県豊前水産試験場の資料を用いて，体長と卵巣及び輸卵管内数との関係をTable 7とFig. 26に示した。これによれば，概ね同一体長の個体間の卵数には大きな差異が認められ，完熟期に入った4月24日と5月13日の標本では，輸卵管内卵数は卵巣内卵数の約1.6倍である。5月19日と6月1日の標本では，輸卵管内卵数は1/4～1/6に減少している。このことから，5月13日の卵巣，輸卵管の各卵数は産卵直前の状態を示していると考えられる。又5月19日の標本は1回産卵後のもの，6月1日の標本は2回産卵後のものと考えられる。山本（1982）は，雌イカ1個体は数百個の卵を1個ずつ，10～20時間にわたってプラスチックの格子に産みつけていくのを観察している。また林（1982）は，産卵期にみられる産卵行動の間にも交接行動が行われることを確め，さらに1個体1日当りの産卵数は100～300粒で輸卵管の完熟卵は3～4日で産みつくされるが，卵巣内卵中の

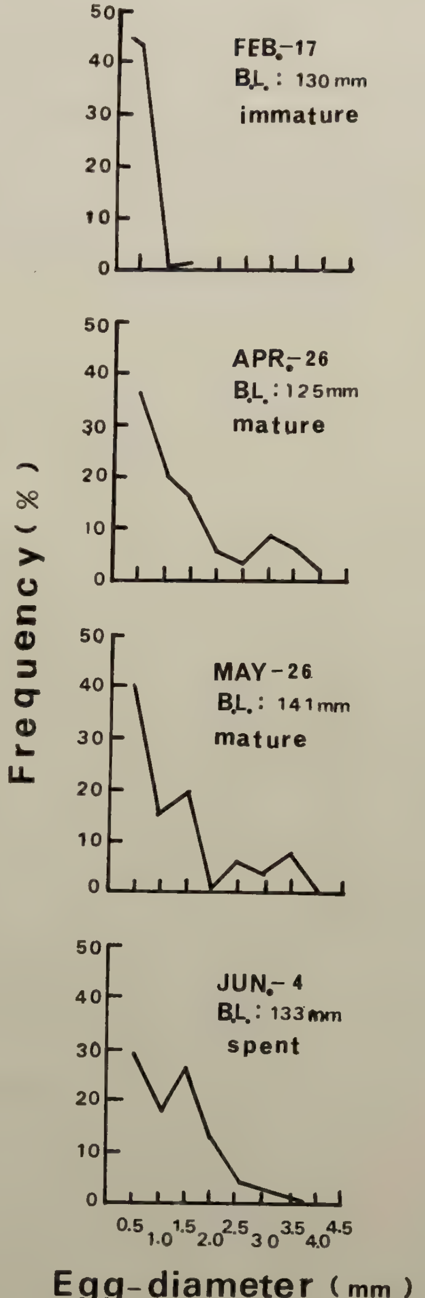


Fig. 25. Size composition of egg in ovarian and oviduct in four ovaries of different developmental stage.

Table 7. Mean number of eggs and standard deviation and some other records related to Fig. 26.

Date	Observed numbers	Mean numbers of eggs			Body length (mm)	Body weight (g)	Ovary weight (g)	Oviduct weight (g)	Maturity factor
		Ovary	Oviduct	Total					
Apr. 24, 1981	15	430± 95	675±226	1105±247	130±10	390±66	12.0±1.9	15.9± 5.0	7.8
May 13, 1981	9	617±113	1097±456	1712±460	130±10	420±89	11.7±1.7	25.2±10.0	9.7
May. 19, 1981	18	648±147	178±147	826±236	131± 7	362±50	12.1±1.9	4.4± 3.2	3.9
Jun. 1, 1981	22	849±137	129±126	977±214	133± 9	372±73	12.2±3.2	3.4± 2.4	4.4

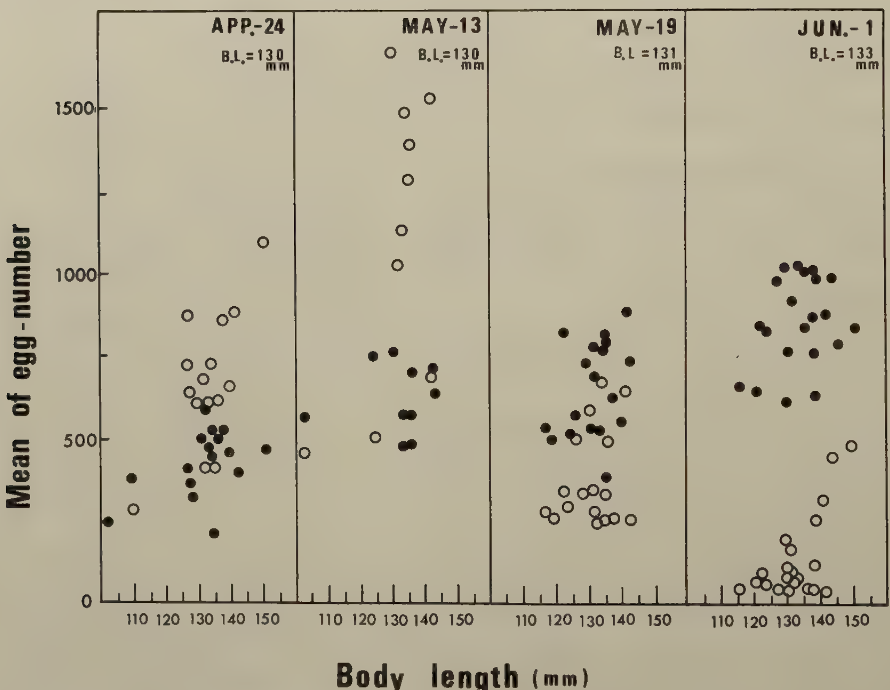


Fig. 26. Relations between body length and mean number of eggs in ovary and oviduct.
(○ : Matured egg in oviduct, ● : Maturing egg in ovary)

成熟卵が5～6日間で完熟卵となって輸卵管に送り込まれ，次で未熟卵も成熟度を進めることを観察している。これらの観察と先きに述べた卵巣の熟度と卵径組成との関係を考え併せると，産卵初回の総産卵数は1,000～1,500個と推定され，これを3～4日にわたって産み分けていると考えられる。現在のところ産卵期間の雌イカ1個体当り平均産卵回数については不明であるが，前に述べた産卵行動のパターンが，体力を消耗しつくすまで継続するものと推測される。

VI. 移 動 回 遊

シリヤケイカは前項で述べたように，春季に生まれて秋～冬季に成イカに成長し，翌年春季の産卵後に短かい1年間の寿命を終えると推定した。この1年間の成長に伴う移動回遊について，漁場の推移並びに成長及び成熟過程によって検討を加えた。先ず，本種の漁場の推移について，主要漁業のイカかご，イカ漕ぎ網（小型底曳網漁業）及び小型定置網漁業等の漁場から1979年9月～'80年7月に採集された各標本の月別体長組成を求め，漁場別に Fig. 27 と Fig. 28 に示した。これによれば，春季4月上旬～中旬に伊予～周防灘の両灘境界水域に出現する体長85～155㎜（平均体長：118.5㎜）の大型イカは，水深30m のイカ漕ぎ網漁場で漁獲されている。これと同一時期の周防灘西岸の小型定置網漁場（水深約10～20m）で体長約105～154㎜(平均体長：134.3

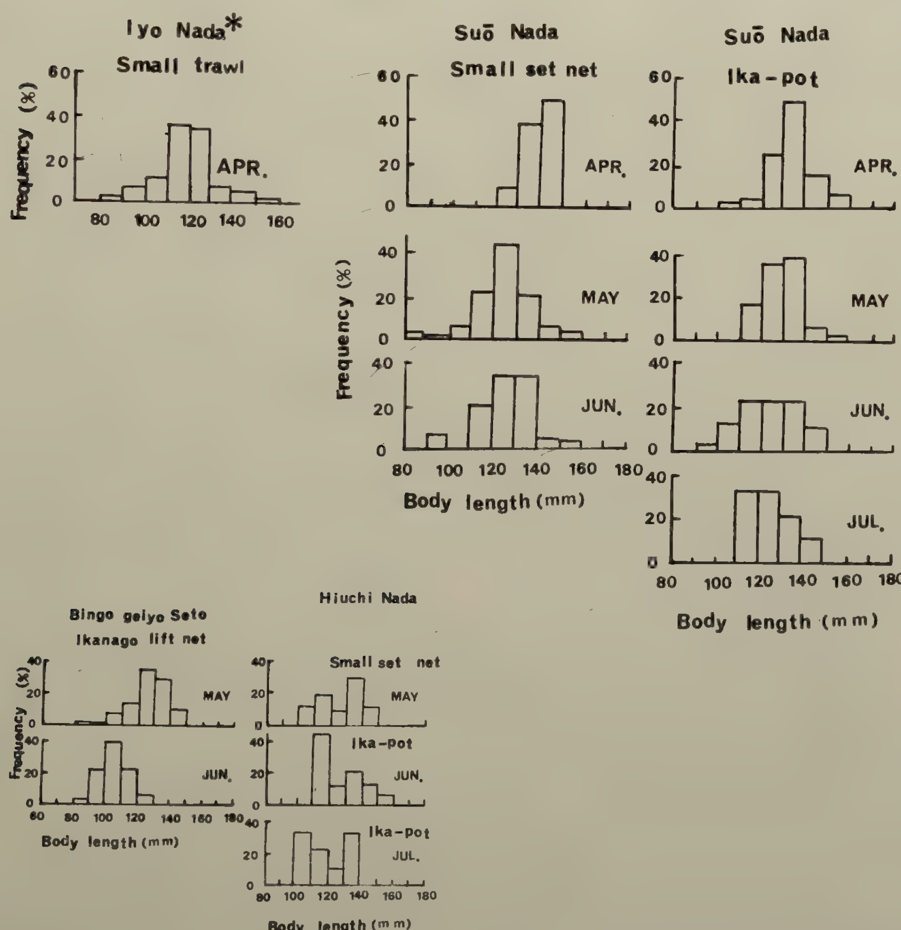


Fig. 27. Frequency distribution of body length on each sea area, fishery and month from April to July.
*: The western part of Iyo Nada.

mm）のより大型のものが漁獲されはじめる。4月下旬には周防灘の西岸及び北岸の浅海域（水深約10m以浅）のイカかご漁場で，体長約105～155mm（平均体長：133.3mm）の大きさのものが漁獲される。5，6月の小型定置網漁場では，体長約105～135mm（平均体長：5月；127.0mm，6月

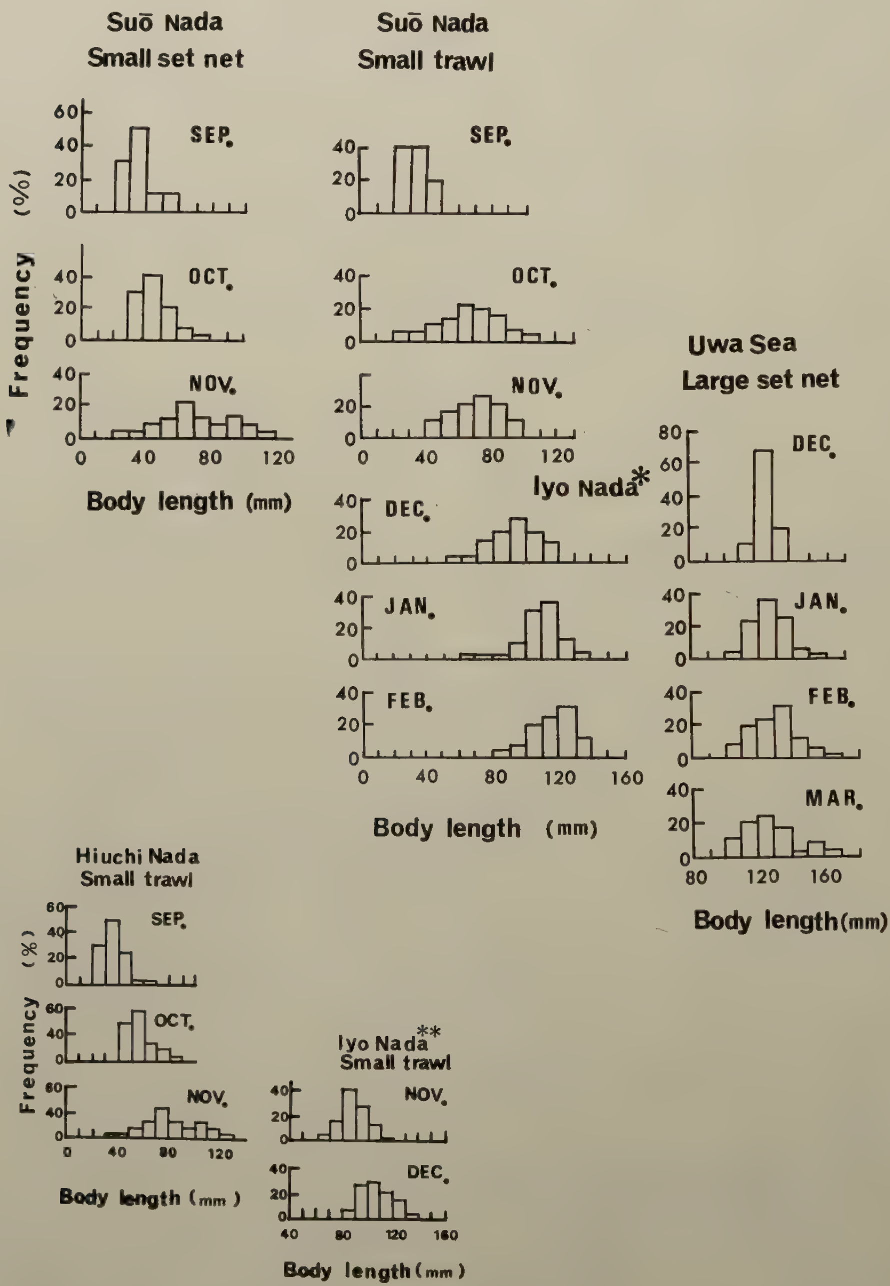


Fig. 28. Frequency distributions of body length on each sea area, fishery, and month from autumn to winter.
＊: The western part of Iyo Nada.
＊＊: The eastern part of Iyo Nada.

；121.2㎜）の大きさのイカが漁獲される。６，７月のイカかご漁場でも，体長約85～155㎜(平均体長：６月；125.0㎜，７月；118.5㎜）のものが漁獲される。

他方，瀬戸内海中央部の備後芸予瀬戸の島しょ海域のイカナゴ込瀬網（水深約５～10m）では，５，６月に体長約80～125㎜（平均体長：５月；122.4㎜，６月；109.2㎜）の大きさの本種が混獲される。これよりやや体長の大きな約105～155㎜（平均体長：５月；130.5㎜，６月；114.7㎜）のものが，燧灘の魚島～弓削島の周辺のイカかご，小型定置網の漁場（水深約５～15m）で漁獲される。このように大型のシリヤケイカが，春季の初め沖合から沿岸にむけて接岸回遊し，月が進むにつれて，やや小型のものが接岸していることが推定される。

一方，９，10月に出現する体長約25～85㎜（平均体長：９月；35.7㎜，10月；55.4㎜）の小型イカは，周防灘西岸の干潟域の小型定置網漁場（水深約５～７m），船曳網（餌曳網）漁場（水深約７～10m）で漁獲される。これら漁場よりやや沖合水域（水深約10～15m）に立地する小型底曳網（漕ぎ網）漁場及び燧灘の島しょ浅海域の小型定置網，エビ漕ぎ網の漁場（水深約５～10m）では，10月に体長約25～110㎜（平均体長：67.5㎜）のものが漁獲される。11月には体長約25～105㎜（平均体長：77.9㎜）に成長したイカを漁獲している。11，12月の伊予灘東部水域の上灘地先水域では，小型底曳網が水深約20～30mの漁場で体長63～125㎜（平均体長：11月；95.3㎜，12月；108.2㎜）のイカを漁獲しているが，１月以降はこの水域では漁獲されない。伊予灘西部水域のイカ漕ぎ網の漁場では，12月に体長約54～123㎜（平均体長：98.6㎜）のものが漁獲される。この漁場では，１月以降月の経過とともに南下移動し１月には体長（約64～126㎜）

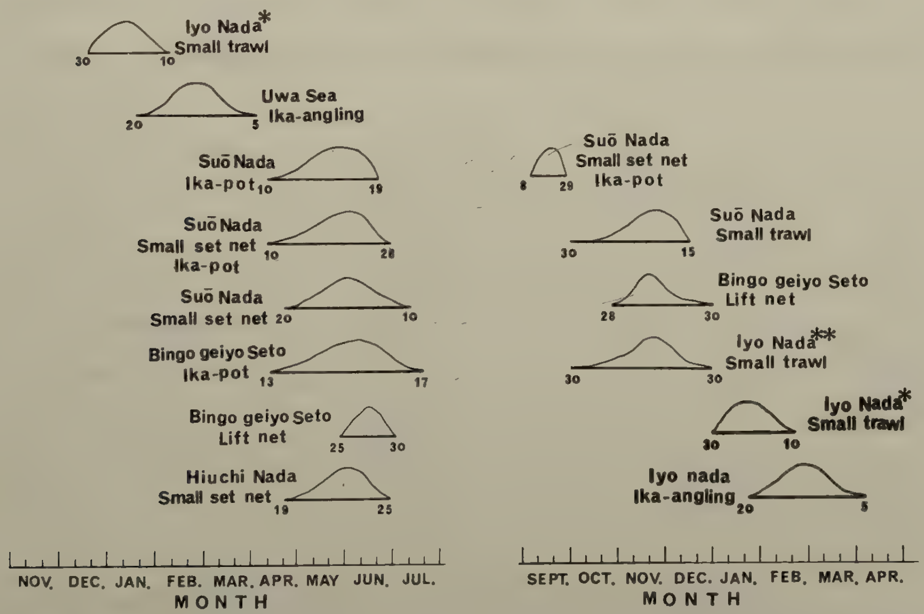


Fig. 29. Diagram of the change of catches in fishing season on each fishing ground. (Number in figure indicates the initial day and final day in each fishing ground)
* : The western part of Iyo Nada, ** : The eastern part of Iyo Nada.

（平均体長：114.9㎜）に，２月には体長85～135㎜（平均体長：123.4㎜）に成長した本種を漁獲している。同時期の豊後水道宇和海のイカ釣り漁場（水深約45～65m）及び大型定置網漁場（水深20～35m）では，体長約105～163㎜（平均体長：12月；125.7㎜，１月；125.3㎜，２月；132.6㎜，３月；127.4㎜）の大型イカが漁獲されている。

このように，西部瀬戸内海の奥部水域に当る周防灘及び備後芸予瀬戸～燧灘の浅海域から，伊予灘～宇和海の沖合部水域への漁場移動がみられ，その移動に伴ってイカの大きさが大型化している。このことから，内海奥部の浅海域に発生した小型イカが，成長するに伴って豊後水道沖合深部水域へ離岸・集積し回遊していることが推定される。

さらに，幼イカから成イカに成長するに伴う移動生態を明らかにするいめに，1984年に漁業協同組合に対して漁法，漁場，漁期及び漁獲量についてアンケート調査を実施し，この結果を Fig. 30に示した。これによると，冬季の伊予灘西部海域～宇和海での盛漁期は概ね１～２月中旬，終漁期は４月上旬である。一方，内海奥部水域のの周防灘，備後芸予瀬戸での初漁期と盛漁期は各漁場によって約１旬程度のずれが認められるが，概ね初漁期は４月上旬～中旬，盛漁期は５月上旬～６月中旬であると推定される。このことから冬季の伊予灘，宇和海の水域で成長，成熟した群が春季に内海奥部の各産卵場に分散的に来遊し滞留することが推定される。また，備後芸予瀬戸水域の産卵場への来遊時期は，周防灘の来遊時期より約１旬程度の遅れが認められる。

後で述べるが，春季（４～７月）に産卵された発生群と思われる小型イカが，周防灘の小型定置網や餌曳網（船曳網漁業）の漁場で９月上旬から下旬にかけて漁獲され，その後９月下旬から12月中旬にかけて，小型底曳き網第２種（漕ぎ網）の漁場で漁獲される。他方，この周防灘の小型底曳網の漁期とほぼ同一の時期に，備後芸予瀬戸と燧灘との境界水域及び上灘地先水域の小型底曳網漁場で混獲される。これらの漁場での漁期がすぎると，伊予灘西部海域～宇和海域でのイ

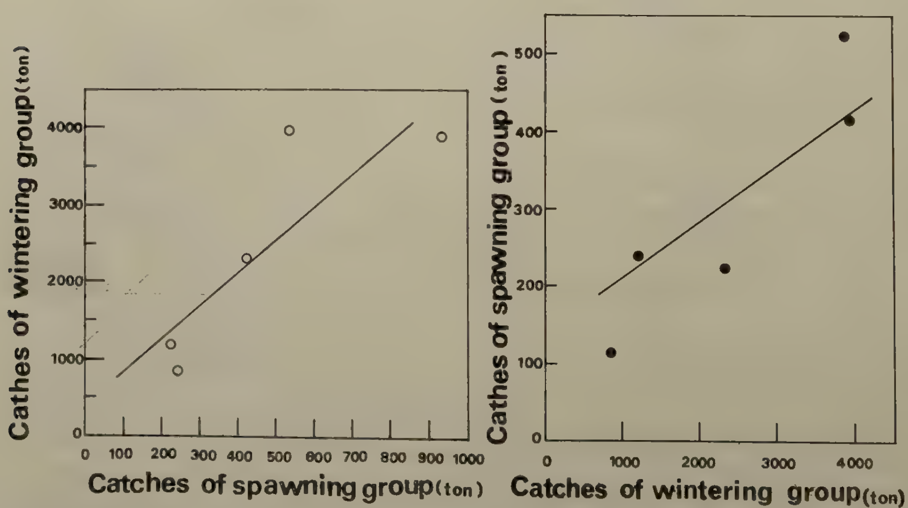


Fig. 30. Relations between catches of spawning group and wintering group (right) and relations between catches of wintering group and spawning group (left) in the western part of Seto Inland Sea from 1978 to 1982.

カ漕ぎ網とイカ釣り漁業の漁期が始まる。このことから，秋に内海奥部水域で発生した小型イカは，概ね3.5カ月を要して伊予灘～宇和海の沖合深部水域，つまり越冬水域に回遊していることが推定される。

シリヤケイカは1年で寿命を終えると推定したが，産卵する親イカ群とこれから産まれる発生群との関係を明らかにするために，内海奥部水域における春季の産卵群の漁獲量と，秋～冬季の越冬群の漁獲量との関係を Fig. 30 に示した。この図によれば，親一仔関係，仔一親関係ともに直線関係がみられることから，産卵する成イカの量が多ければ秋季に出現する幼・若イカの量も多く，越冬群の量も多いことが推定される。さらに内海奥部の各県地先の内湾性浅海域で産卵する親イカ群のそれぞれの漁獲量と越冬場での漁獲量との関係を Fig. 31，Fig. 32 に示す。これに

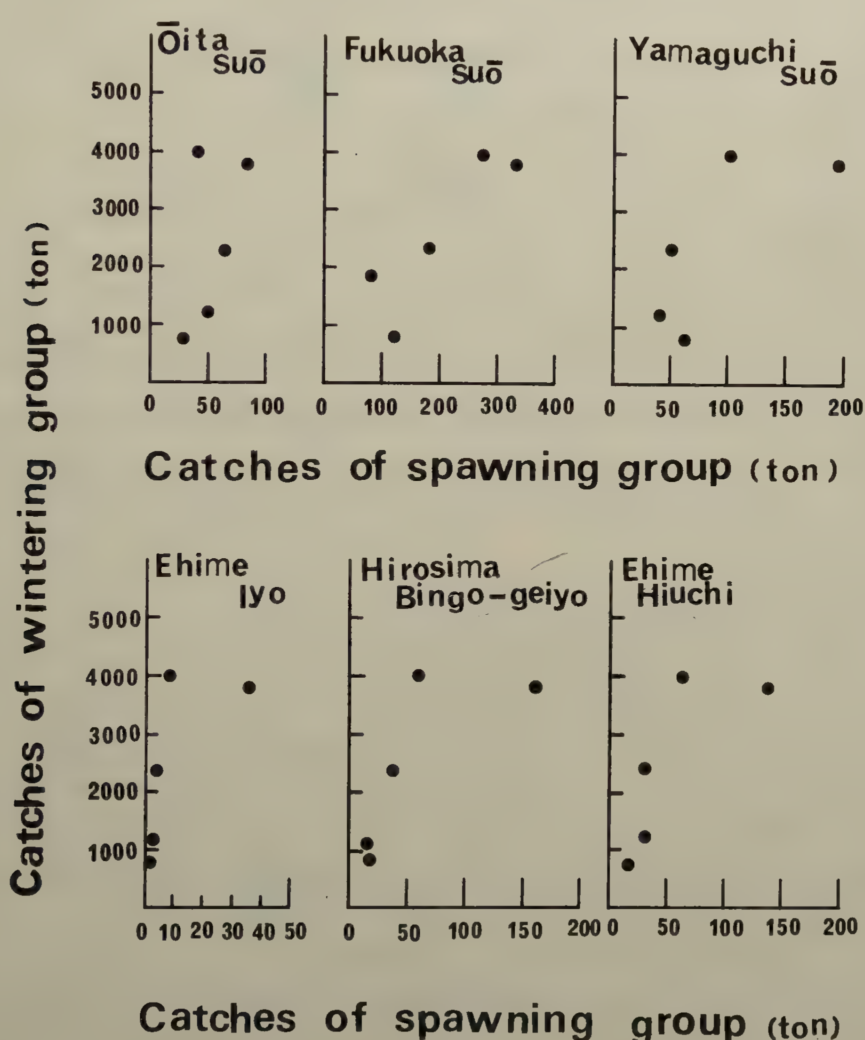


Fig. 31. Relations between catches of spawning group and wintering group on each sea area and prefecture in the western part of Seto Inland Sea from 1979 to 1982.

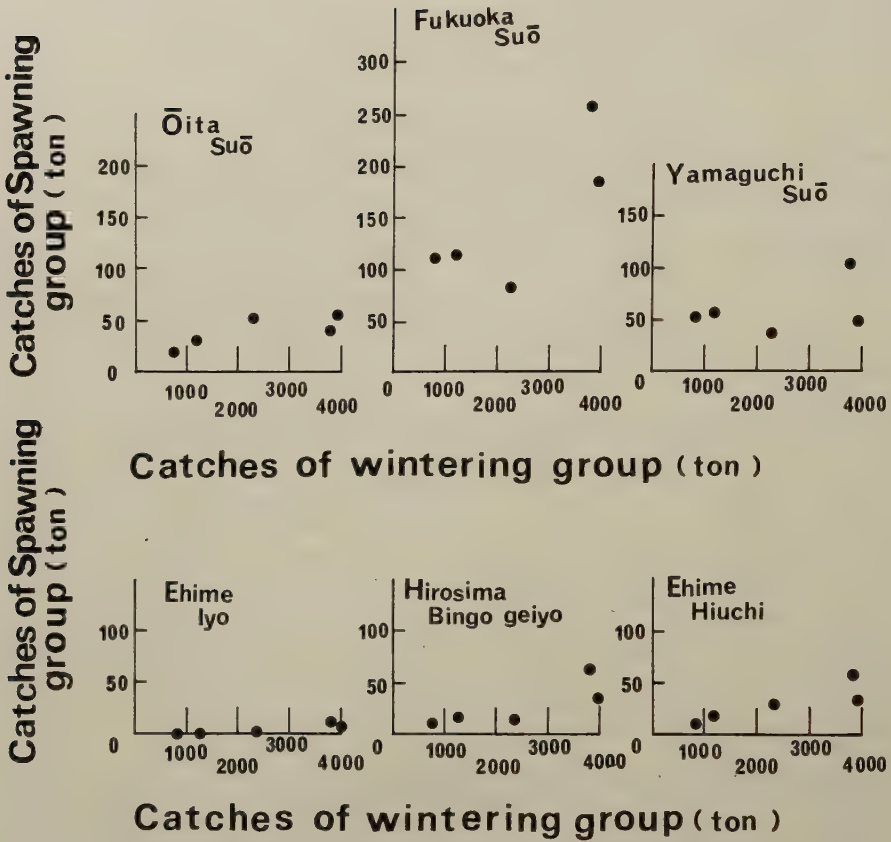


Fig. 32. Relations between catches of wintering group and spawning group on each sea area and perfecture in the western part of Seto Inland Sea from 1977 to 1982.

よると両者のそれぞれの間にも，直線関係が認められる。

以上のことから，親イカの資源と仔イカ資源との間には密接な親仔関係があり，西部瀬戸内海～宇和海にかけての水域は西部瀬戸内海産本種の全生活史を包含していることが推定される。

これまでに述べた移動回遊についての解析結果を総合して，Fig. 33，Fig. 34 に纒めた。このように伊予灘西岸の沖合水域及び宇和海で越冬し，2月下旬頃までに成イカ2期までに成長，成熟したイカは成熟の進んだものから順次回遊行動を起し北上回遊を始める。周防灘に向う群は，4月上旬には伊予灘との境界域に達する。ここから周防灘西岸奥部水域北岸の沿岸内湾浅海への接岸回遊が始まり，このうち主要な漁獲対象となる群は，4月中旬に周防灘西岸の福岡県苅田～柄杓田の小型定置網の立地する水深約7～10mの浅海に到達し，また，伊予灘西岸沖合水域から東進する群も，4月中旬には備後芸予瀬戸，安芸灘（広島湾）沿岸及び島しょ周辺の浅海域に分散的に到達する。4月下旬から5月上旬にかけて各地産卵水域で産卵が開始される。これら内海奥部の沿岸水域で4月下旬から7月上旬に産み出された卵は，6月中旬から8月中旬に孵化し，その孵化稚仔は干潟及びそれに続く浅海域（水深約7 m）で若イカ期のイカに成長・発育する。

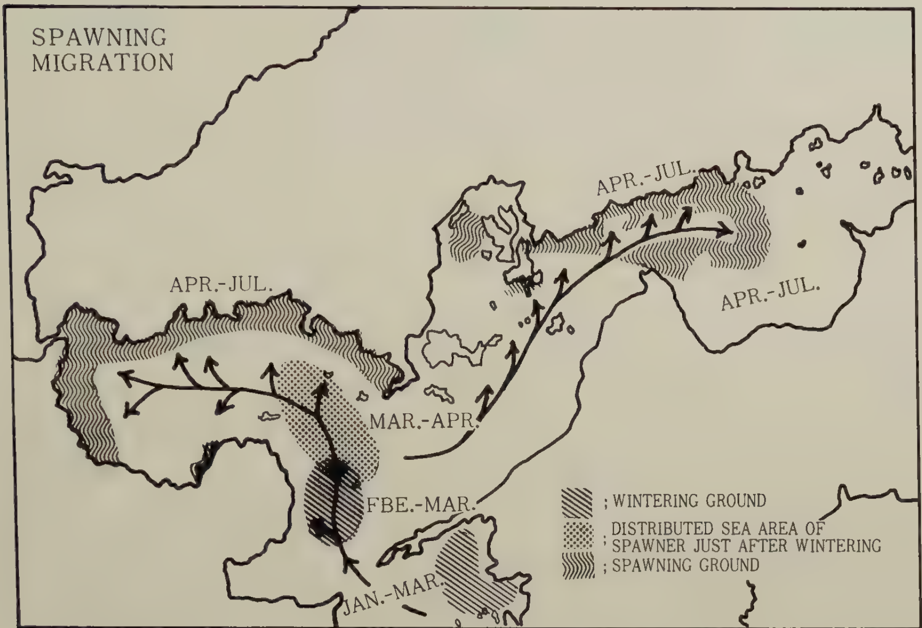


Fig. 33. Schematic figure of spawning migration of *Sepiella japonica* in the western part of Seto Inland Sea and Uwa Sea in Spring.

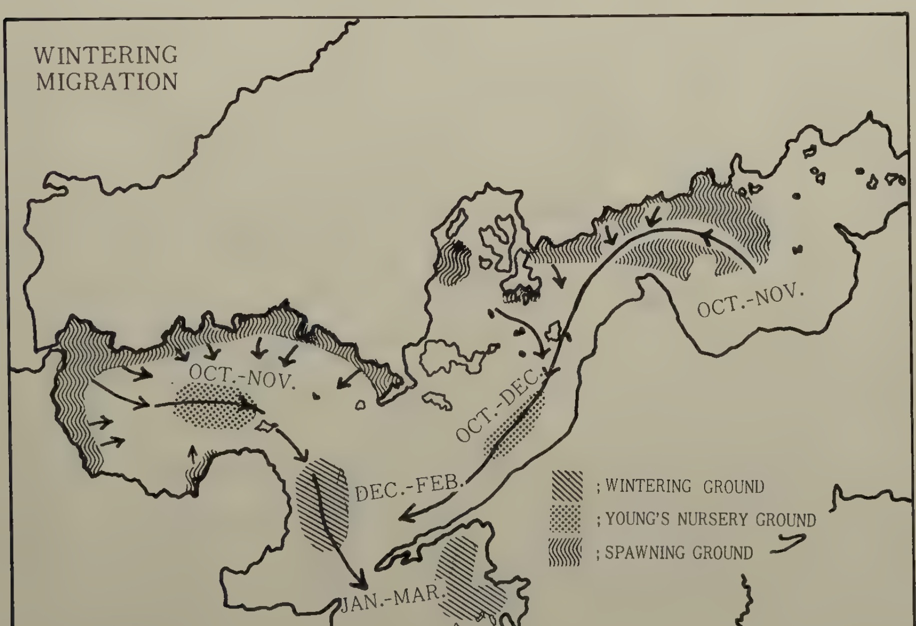


Fig. 34. Schematic figure of wintering migration of *Sepiella japonica* in the western part of Seto Inland Sea and Uwa Sea from Autumn to Winter.

この若イカは，その後急速な成長に伴ってさらに沖合域（水深約10m）へ移動する。10月下旬になると成長の進んだ群から順次，沖合（水深約20m）の水域へ移動し南下越冬回遊が始まる。11月下旬から12月上旬には，伊予灘西岸の沖合30m以深水域に達し，この間に成イカ1期に成長・発育する。さらに南下をつづける群は，順次宇和海を中心とする豊後水道北部水域に集積滞留する。この期間に成イカ2期のイカに成長・成熟する。

VII. 発育段階別分布移動

発育に伴う生息域の環境条件を検討するため，瀬戸内海浅海定線観測資料（1978～'81）を用いて，発育段階別生息域のT－Sダイヤグラムを Fig. 35 に示した。4～6月の産卵場の水温は10.8～22.8℃であり，塩分は30.60～33.40‰である。若イカに成長し，沖合域に分布を拡げる時期の水温は23.2～27.8℃，塩分は31.22～32.95‰である。さらに越冬場に達するまでの回遊域の水温は15.5～23.6℃，塩分は31.82～33.95‰であり，成イカが越冬場で分布する水域の水温は8.3～13.5℃，塩分は32.68～34.15‰である。

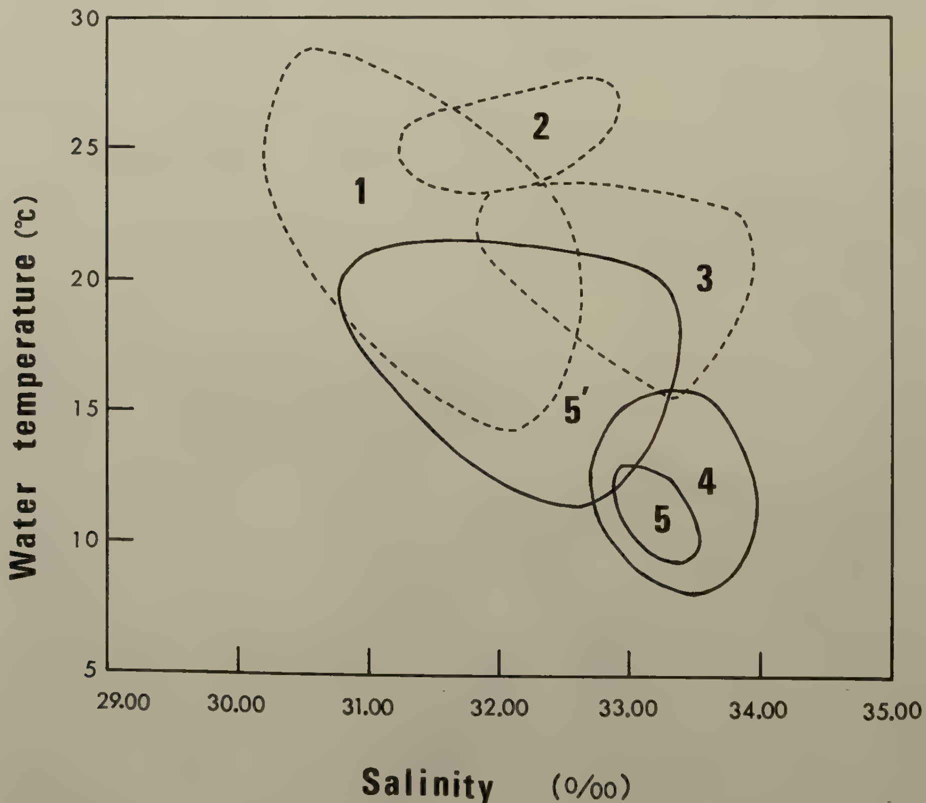


Fig. 35. Environmental conditions of the five growth stages.
(Numbers in figure indicate each growth stage: 1; juvenile, 2; young-1, 3; young-2, 4; adult-1, 5; adult-2, 5′; spawner.)

このように，シリヤケイカの産卵期～稚・幼イカ期である４～８月は，春季の雨量や梅雨の影響が内湾性浅海域に強く及ぶ時期でもあり，他方産卵イカの移動が成長，成熟の進んだものから順次移動してくるので，Fig. 35 に示したように生息域の環境条件は範囲が広い。また，若イカ２期から成イカ２期（10～３月）に発育を進めているイカは，内海奥部の沖合の中～底層域から豊後水道の宇和海という外海水の影響が比較的強い水域に生息する。

Table 8. Water temperature and salinity in the witering and the spawning grounds in Mar.– Jun., 1978–1981.

		Water temperature (℃)			Salinity (‰)		
		Min.	Mean.	Max.	Min.	Mean	Max.
March	Wintering ground(A)	8.3	10.3	11.8	33.10	33.54	34.02
	Spawning ground(B)	7.4	8.3	9.2	31.83	32.81	32.87
April	Wintering ground(A)	9.5	11.0	13.3	33.00	33.34	33.43
	Spawning ground(B)	10.6	11.0	12.0	32.01	33.02	33.94
May	Wintering ground(A)	13.1	13.1	14.2	33.00	33.38	33.79
	Spawning ground(B)	13.4	15.4	17.3	31.54	32.92	33.77
June	Wintering ground(A)	16.8	17.1	17.4	33.33	33.46	33.63
	Spawning ground(B)	15.4	19.2	20.7	32.48	33.06	33.70

次いで，越冬場から産卵場へ成イカが移動する３～６月の両水域での平均水温，平均塩分及びそれぞれの最大・最小値を求め Table 8 に示した。これによれば，３～４月に越冬場と産卵場の水温，塩分の差が縮まる時期，すなわち外海水の影響が比較的強い時期に産卵回遊が始まると考えられた。

以上述べたように，本種の移動・分布生態にともなって変化する生息域ごとの環境条件（水温，塩分）を明らかにしたので，発育段階別に成長・成熟と移動・分布及び生息環境の相互関係を Fig. 35 に取り纏めて示した。

産卵：本種は４～７月の主分布域である内湾性浅海域において産卵し，５～６月がその盛期である。この水域の水温は10.8～22.8℃，塩分は30.60～33.40‰である。雌１尾，１日当りの平均産卵数は100～300粒で，輸卵管内の完熟卵（1,000～1,500個）は３～４日にわたって産み分けられるものと推定される。その後卵巣内卵の成熟卵は完熟卵となって輸卵管に送り込まれ，それに伴って未熟卵も順次成熟度を進める。産卵後は外套重量や内臓重量及び体重が減少し，死亡するものと考えられる。このようにシリヤケイカの産卵は，体力を消耗して死亡するまで続けられるものと推定される。輸卵管から放出された直後の卵の形状は鶏卵に類似し，その長径は3.7～4.2㎜，短径は2.9～3.9㎜である。産卵期（４～７月）には，小型定置網及び産卵習性を利用したイカかご漁業で漁獲される。

稚幼イカ期：孵化した稚イカは，体長３㎜前後の大きさである。その後１～２カ月後には体長約35㎜前後のイカに成長して稚幼イカ期を終る。この期の生息域は，産卵場周辺の干潟や砂泥域

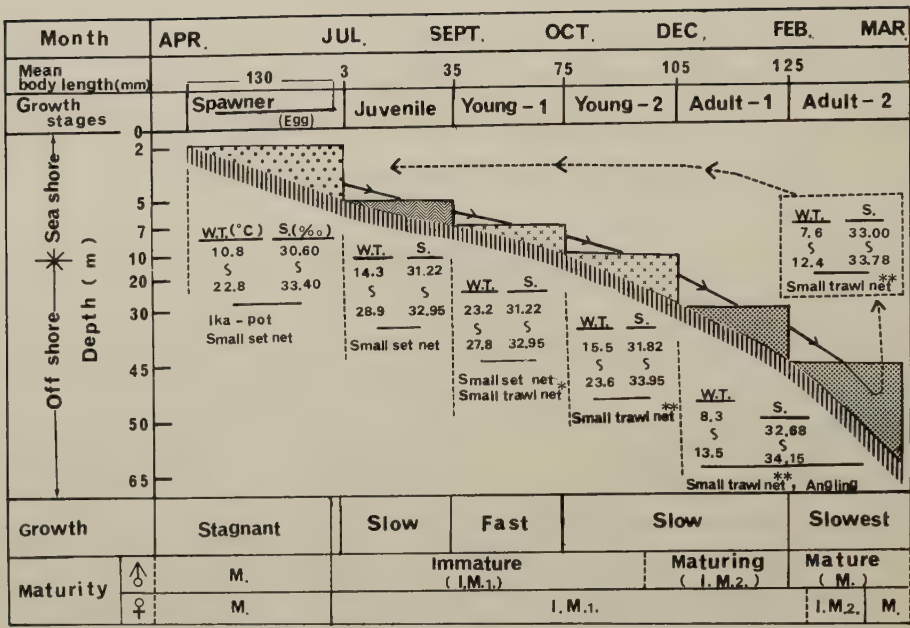


Fig. 36. Schematic diagram of the migration and environmental conditions correlated to the change of growth and maturity in *Sepiella japonica*.
* : Ebikogi-type, ** : Ikakogi-type.
⟶ : Wintering migration, ┄┄→ : Spawning migration.
(See Fig. 33. and Fig. 34.)

に限られ，その水域での水温は14.3～28.9℃，塩分は30.20～32.62‰である。

若イカ１期：幼イカ期を経て，体長，体重の増大が著しい時期である。体長35mmを超えると，体長一体重関係に変化を生じるが体重の増大にくらべて，体長の増加量が大きい時期であり，肥満度は幼イカ期の状態から低下する過程に移行する。雌雄の生殖腺重量は極めて小さく，その増加量はほとんど認められない。この期のイカは，幼イカ期の分布域であった干潟域から，それに続く浅海の水深５～10mの中・底層水域に生息域を拡大する。この水域の水温は23.20～27.80℃，塩分は31.22～32.95‰である。この水域で小型定置網や釣り餌となるシバエビを対象にする船曳網，小型エビを対象とする小型底曳網に多量に混獲されることがある。このことから索餌行動の盛んな時期でもあると推定される。

若イカ２期：体長75mmを超えると，体長の増加量に変化を生じその増加量が減少する過程に移行する。体長一体重関係は，若イカ１期と変らず成長に伴い増重率は増大する。体重に対する外套重量，甲重量，肝臓重量も増大する時期である。肥満度は若イカ１期に引き続き減少するが，その減少は緩慢になりこの変化は体長75mmで生ずる。生殖腺熟度指数は雄でやや増大するが，精莢のうには未だ精莢はみられず，精莢のう重量は極めて小さい。雌では卵巣及び輸卵管重量共に小さい時期であり，それらの重量の増大は殆んどみられない。体長105mmに成長する間に，若イカ１期の分布域であった水深７～10mの浅海域から水深10m以深の沖合域へと生息域を拡大し，この水域の中・底層水域で索餌しつつ成長する。この水域の水温は15.50～23.60℃，塩分は

31.82〜33.95‰である。この成長期のイカを小型底曳き網と小型定置網（沖桝網）が混獲している。

成イカ1期：体長105㎜を超えると，体長の増加量は小さくなり，体重の増重率も低下する過程に移行するが，肥満度は若イカ2期に引き続き減少している過程である。また，甲の形態が成イカの形をとるようになる過程でもある。雄ではこの期の初期（体長：105〜110㎜）に生殖巣重量，成熟度共に増大し，精莢が精莢のうに認められるようになる。この終期（体長：105〜125㎜）には，生殖腕の成長も最大値を示すようになる。雌ではこの終期（体長：115〜125㎜）に生殖巣重量の増大と共に，卵の熟度も進む過程に移るが未だ完熟卵は輸卵管中にはみられない状態にある。この初期に，水深10〜30mの沖合水域に移動し越冬回遊が始まり，終期には越冬水域に達する。この発育期にあるイカの生息域の水温は8.0〜13.5℃，塩分は32.68〜34.00‰である。この南下越冬回遊中のものを小型底曳網（イカ漕ぎ網）が多獲し，さらに外海域に南下したものをイカ釣り漁業が主に漁獲している。ここでの環境条件は水温8.30〜13.50℃，塩分32.18〜34.00‰である。

成イカ2期：体長125㎜に成長したイカの体長の増加量は極めて小さくなり，肥満度も最小値に達する。この期に入ると雌の生殖巣重量は急激に増大し，完熟卵が輸卵管中に貯えられるようになる。一方，産卵時に卵を基質に粘着させる物質を分泌する纒卵腺の重量も急速に増大し，産卵の条件が整う時期に達する。この時期の分布域の水深は10〜45mであり，水温は8.30〜13.00℃，塩分は32.87〜33.51‰である。この期の初期のイカはイカ漕ぎ網，大型定置網，イカ釣り漁業で漁獲される。この期の終りに，内海への北上回遊が開始されるが，この産卵前のイカは主に内海の沖合でイカ漕ぎ網で漁獲し，沿岸では小型定置網によって漁獲される。この水域の水温は7.6〜12.4℃，塩分は33.00〜33.78‰である。

このように，成長，相対成長，成熟と移動回遊との関係をもとに，シリヤケイカの稚幼イカ期から成イカ期までの5期の特徴ある成長，成熟過程を示しこれに伴う移動回遊生態を総合的に明らかにした。

要　　　約

西部瀬戸内海及び宇和海に分布するシリヤケイカについて，その成長・成熟過程と移動回遊生態との関係を明らかにした。

シリヤケイカの漁業：西部瀬戸内海におけるシリヤケイカの年間漁獲量（1980）の88%は小型底曳網，イカかご漁業及び小型定置網で漁獲されている。燧灘から宇和海に至る6水域では周年漁獲されるが，春季（4〜7月）と秋〜冬季（10〜3月）が主漁期である。春季には内海の奥部各水域で多獲され，秋〜冬季には周防灘〜伊予灘及び宇和海で多獲される。1976〜'80年の年間漁獲量は，1975年の5,000トン台から1978年の10,000トン台に増大し，翌々年には3,000トン台に激減した。

成長：シリヤケイカは雌雄の体長に大差がない。本種の成長を月別にみると，9月に浅海沿岸域に体長20〜65㎜の稚・幼イカが出現し，その成長は極めて速い，沖合水域へ移動を始める10月

には30～110㎜に成長し，越冬場への移動終了期の12月までには，70～140㎜に成長する。12月以降の成長は極めてゆるやかで，翌年春季の6月には80～155㎜となる。産卵期の体長は4月当初に大きく，月の経過に伴って小さくなる。このことは成長がよく，早く成熟した群から順次移動を起し産卵場へ来遊するものと考えられる。

4～6月の産卵期においては，生殖器管重量を除いた腕～頭～内臓部重量及び外套重量の経時的減少が，体重の減少傾向に近似していることから，産卵期における体力の消耗の激しさが推察され，産卵期以降によく見られる多量斃死現象とから，本種の寿命は満1年と推定される。

相対成長：体長に対する体重，外套重量，甲重量，肝臓重量の関係及び外套重量，甲重量，肝臓重量等の体重に対する割合の変化，肥満度の変化，甲幅，甲高，無輪帯率の変化，各腕長の変化等を解析し，体形及び体部位の主要な変化が，体長35㎜，75㎜，105㎜，125㎜に生じていることから，本種の発育過程は稚・幼イカ期（35㎜>），若イカ1期（35～75㎜），若イカ2期（75～105㎜），成イカ1期（105～125㎜），成イカ2期（125㎜≦）の5期に区分される。

成熟：本種の性比は，1年を通してみると概ね1：1である。生殖腺熟度指数の月別変化から，産卵期は4～7月と推定され産卵は何回かに分けて行われる。初回の産卵数は約1,000～1,500粒である。輸卵管から放出された直後の卵の形状は鶏卵に類似し，その長径は3.7～4.2㎜，短径は2.9～3.9㎜である。この卵は黒色を呈する。

移動回遊：宇和海及び伊予灘西岸の沖合域で越冬し，2月下旬頃までに成長，成熟したイカは，3月下旬～4月上旬に越冬場から，西部瀬戸内海奥部の内湾性浅海域にむけて成熟の進んだイカから順次産卵のための移動を開始し，4月中旬には産卵場に分散的に回遊する。4月下旬から5月上旬にかけて各地産卵水域で産卵が始まる。6月中旬から8月中旬に孵化し，干潟及びそれに続く浅海域で若イカに成長したイカは，その後急速に成長しながらさらに沖合の水域に移動する。成長の進んだ群から順次南下・越冬回遊を始め，12月上旬には伊予灘西岸の沖合域を経て，宇和海を中心とする豊後水道北部深部水域へと集積的に回遊する。

発育段階別生息環境：産卵場である内湾性浅海域の水温は10.8～22.8℃で，塩分は30.60～33.40‰である。体長3～35㎜の稚幼イカ期の生息域は，産卵場周辺の干潟～砂泥域に限られ，その水温は14.3～28.9℃，塩分は31.22～32.95‰である。体長35～75㎜に成長した若イカ1期のイカの生息域は，干潟につづく浅海の沖合域であり，その水温は23.2～27.8℃，塩分は31.22～32.95‰である。体長75～105㎜に相当する若イカ2期のイカの生息域の水深は7～10mであり，その水温は15.5～23.6℃，塩分は31.82～33.95‰である。成イカ1期つまり体長105～120㎜に相当するイカに成長する頃から越冬回遊が始まり，この期の終期に越冬場に到達する。この生息域の水深は30～45mで，環境水温は8.30～13.50℃，塩分は32.68～34.15‰である。体長120～125㎜の成イカ2期は，産卵回遊期に当り水温は7.60～12.40℃，塩分は33.00～33.78‰である。

参　考　文　献

有馬　功・平松達男・多胡信良・瀬川和人，1961：コウイカ類の蓄養技術に関する研究，Ⅰ報，福岡豊前水試研究業務報告（昭和36年度），71～100.

有馬　功・平松達男・瀬川和人・多胡信良・寺田和夫，1963：コウイカ類の種苗生産技術及び蓄養技術に関する研究，Ⅱ報，福岡豊前水試研究業務報告（昭和37年度），27～54.

有馬　功・平松達男・瀬川和人・多胡信良・寺田和夫，1964：コウイカ類の種苗生産技術及び蓄養技術に関する研究，Ⅲ報，福岡豊前水試研究業務報告（昭和38年度），1～30.

内橋　潔・山口正男，1943：イカ類の産卵状況とその蕃殖保護について，兵庫水試報告，1～6.

内田　亨・他，1965：新日本動物図鑑（中），北隆館，東京，314.

奥谷喬司，1973：日本近海産十腕形頭足類（イカ類）分類同定の手引，東海水研報，74，83～111.

奥谷喬司，1979：日本が漁獲している頭足類の資源評価，海洋水産資源開発センター，1—65.

上成義信・安東生雄・占武　肇・堀　隆喜・井口弘章・伊島時郎，1980：シリヤケイカ資源調査事業，大分県浅海漁試報，42—51.

北原　武・林　　功・多胡信良，1976：いか筌によるシリヤケイカの漁獲率の推定について，昭和49年度福岡豊前水試報告，53～63.

久米又三・團　勝磨，1975：無背椎動物発生学，培風館，東京，34.

古井戸良雄・倉田洋二・川上武彦，1956：東京湾で獲れるコウイカ及びシリヤケイカの生態について，水産増殖，3(3)，40～50.

Sasaki, M., 1929 : A monograph of the dibranchiate Cephlopods of Japanese and and adjacent waters, Journ. Coll. Agr. Hokkaido Imp. Univ., **20**, 161-222.

崔　　相，1962：コウイカ（*Sepia esculenta*），カミナリイカ（*Sepia subaculeata*）及びシリヤケイカ（*Sepiella maindroni*）の甲の形態及び無輪帯率について，日水誌，22(11)，1082～1091.

真道重明・八木庸夫，1970：東海・黄海における底魚資源の研究(7)，西水研諸報告，114～115.

水産庁瀬戸内海漁業調整事務所，1982：瀬戸内海西部水域におけるシリヤケイカの資源調査報告書，1～219.

全国漁業協同組合連合会，1977：日本近海漁場図，海洋出版，東京，12～167.

竹田文弥・山内幸児，1963：コウイカ類稚仔の飼育について，兵庫水試報告，昭和37年度別刷(1)，1～8.

千葉県内湾水産試験場，1962：コウイカ，シリヤケイカ種苗生産技術研究，昭和36年度指定試験研究事業報告，1～25.

千葉県内湾水産試験場，1964：コウイカ，シリヤケイカ種苗生産技術研究，昭和38年度指定試験研究事業報告，1～25.

中村和夫，1981：小松島で得られたコウイカ・シリヤケイカの生物情報（成長・背套長と体重の関係，生殖巣の発達状況），南西海区ブロック・内海漁業研究会報告，95～100.

浜部基次，1965：日本産スルメイカの発生と生態に関する研究，学位論文，1～139.

堀木信男・鈴木　猛，1974：紀伊水道におけるシリヤケイカの資源調査，昭和48年度和歌山水試報告，59～68.

堀木信男・鈴木　猛，1975：紀伊水道におけるシリヤケイカの資源調査，昭和49年度和歌山水試報告，73～80.

北海道立水産試験場，1964：文献抄訳，イカ・タコ類の習性（1～11），北水試月報・別冊，79～456.

山口県・福岡県・大分県，1975：西瀬戸地域漁業調査報告書，昭和46～49年度，5～245.

安元幸一郎，1938：シリヤケイカの斑絞と性別との関係，ヴィナス，**8**(1)，45～47.

山本孝治，1940：イカ，タコ類の稚仔に及ぼす鹹度の影響（第1報），植物及び動物，**8**(12)，1879～1882.

山本孝治，1942：シリヤケイカ *Sepiella japonica* の発生及び稚仔の生態，植物及動物，**10**(5)，27—32.

山本孝治，1942：イカ，タコ類の稚仔に及ぼす鹹度の影響（第2報），植物及び動物10(10)，908〜910.

山本孝治，1943：コウイカ *Sepia esculenta* 及びシリヤケイカ *Sepiella japonica* の甲の形態及び室率について，貝類学雑誌，**14**（1〜4），62〜72.

安田治三郎，1951：コウイカ *Sepia esculenta* HOYLE の生態の二・三に就て，日水誌，**16**(8)，350〜356.

山本雅道，1982：シリヤケイカ *Sepiella japonica* SASAKI の発生段階表，動物学雑誌，91，146〜157.

中国四国農政局統計情報部，1975：瀬戸内海漁業灘別統計表，34〜65.

中国四国農政局統計情報部，1976：瀬戸内海漁業灘別統計表，34〜65.

中国四国農政局統計情報部，1977：瀬戸内海の漁業（付，瀬戸内海漁業灘別統計表），36〜89.

中国四国農政局統計情報部，1978：瀬戸内海の漁業（付，瀬戸内海漁業灘別統計表），78〜149.

中国四国農政局統計情報部，1979：瀬戸内海の漁業（付，瀬戸内海漁業灘別統計表），60〜131.

中国四国農政局統計情報部，1980：瀬戸内海の漁業（付，瀬戸内海漁業灘別統計表），60〜131.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 19, 1985

1984年4月，播磨灘における海底泥中の *Chattonella* 耐久細胞の分布

今井　一郎・伊藤　克彦

Distribution of Dormant Cells of *Chattonella* in Bottom Sediments of Harima-Nada, Eastern Seto Inland Sea, in April, 1984

Ichiro IMAI and Katsuhiko ITOH

Distribution of dormant cells of *Chattonella* (Raphidophyceae) in Harima-Nada, eastern Seto Inland Sea, was investigated by the extinction dilution method using bottom sediment samples collected in April, 1984.

Five types of *Chattonella* were observed including a new type which was apparently different from *C. antiqua* and *C. marina*.

Densities of dormant cells in the sediment samples ranged from 5 to 316 cells·cm^{-3} (average 57). Highly accumulated areas were found in southern, eastern-central, and north-western parts of Harima-Nada. In shallow, coastal area of northern Harima-Nada where dense red tides of *Chattonella* have often been reported in summer, the number of dormant cells was rather scarce. Densities of dormant cells tended to be lower at the stations with coarse sediments. While, fine sediments seemed to be at least essential for the abundant presence of dormant cells, although low densities were also found on such stations.

In late September when *Chattonella* red tide was over, the numbers of dormant cells, which were able to germinate at that time, were remarkably few at two stations (Sts. 12 and 16) as compared with April. It is therefore suspected that dormant cells of *Chattonella* in Harima-Nada are the substantial seed population for the red tide there.

播磨灘における *Chattonella* 赤潮は1972年の夏に初めて大規模に発生して以来，1977年から3年連続，さらには1982年以降にも発生し，養殖魚類に大きな被害を与えている。これらの漁業被害を防止するためには，*Chattonella* の生活史と赤潮を形成する機構を解明することが重要である。

秋月他（1981）は，播磨灘の海底泥試料を冷暗所に保存した後，培養液中に懸濁して数日間培養すると，*Chattonella* の栄養細胞が出現することを初めて確認した。このことは，*Chattonella* が海底泥中でシスト等の耐久細胞の状態で越冬することを示している。

渦鞭毛藻類の場合，ラフィド藻に比べると多くの種で有性生殖過程が明らかにされ（WALKER 1984），その結果生じたシストが毎年起こる赤潮の Seed population として重要な役割を果して

1985年7月2日受理，南西海区水産研究所業績第167号，〒739-04 広島県佐伯郡大野町

いることが指摘されている（飯塚・入江　1972，WALL　1975，STEIDINGER　1975，ANDERSON and WALL　1978）。シストの休眠や発芽についての生理学的研究は増加しつつあるが（例えば ANDERSON　1980，遠藤・長田　1984，SAKO *et al.*　1985），海域におけるシストの分布を定量的に明らかにした研究は非常に少ない（小林他　1981，WHITE and LEWIS　1982，ANDERSON *et al.*　1982）。これは，海底泥試料中にシスト以外の粒子が非常に多く存在し，特徴的な形態のシストでなければその同定・計数が難しいだけでなく，顕微鏡下の作業であるために，多くの労力と時間を必要とすることに起因するものと思われる。

ラフィド藻に属する *Chattonella* に関しては，耐久細胞が存在することは疑いのないにもかかわらず，その形態は未確認であり，休眠や発芽等の生理ならびに地理的分布についての知見も乏しい。近年，著者等（今井他　1984）は海底泥試料を培養し，発芽して出現した栄養細胞数を計数する方法を用いて，耐久細胞の大きさ，発芽温度および1983年４月の播磨灘における分布を調べた。その後計数方法に改良を加え，終点希釈法（ＭＰＮ法）が海底泥中の耐久細胞の計数に有効であることを明らかにした（IMAI *et al.*　1984）。



Fig. 1. Location of the sampling stations in Harima-Nada, eastern Seto Inland Sea.

本報告では，この方法を用いて調べた，1984年４月の播磨灘における *Chattonella* 耐久細胞の地理的分布について述べる。

材料および方法

1. 海底泥試料の採集と保存

1984年４月23―25日に，Fig.１に示す播磨灘の32定点において，KK 式柱状採泥器（内径４cm）（木俣他　1960）を用いて採泥を行なった。試料は表面から３cm深までをプラスチック容器に採取し，温度11℃の小型の低温恒温庫に収納して実験室に持ち帰った。採泥時の底層水温は 8.2―10.6℃であったが，以後試料は温度11℃の低温恒温庫中に暗所保存した。

2. 耐久細胞の計数

Chattonella 耐久細胞の計数は終点希釈法（IMAI *et al.*　1984）によって行なった。操作手順の概略を Fig.2 に示す。秤量した適量の試料（１―1.5g）を沪過海水中に懸濁し，超音波処理（トミー精工ＵＲ-20Ｐによる）を行なった後，目合い 100μm および 20μm のナイロン網地の篩を用いて 20―100μm の粒径画分を得た。この画分を沪過海水中に再懸濁させ，分画処理前の湿重量に換算して 0.1g・ml^{-1}になるように定容し，10^0 懸濁液とした。沪過海水によってこれを順次10倍希釈して10^{-1}と10^{-2}の希釈段階の懸濁液を調製し，各懸濁液を１ml ずつ５本の試験管に接種した（したがって１試料につき合計15本の試験管を用いることになる）。さらに，これらの試験管に沪過海水を１ml ずつ加えて総量を２ml にした後，温度22℃，照度3,500lx，14時間明―10時間暗の光条件下で培養を行なった。

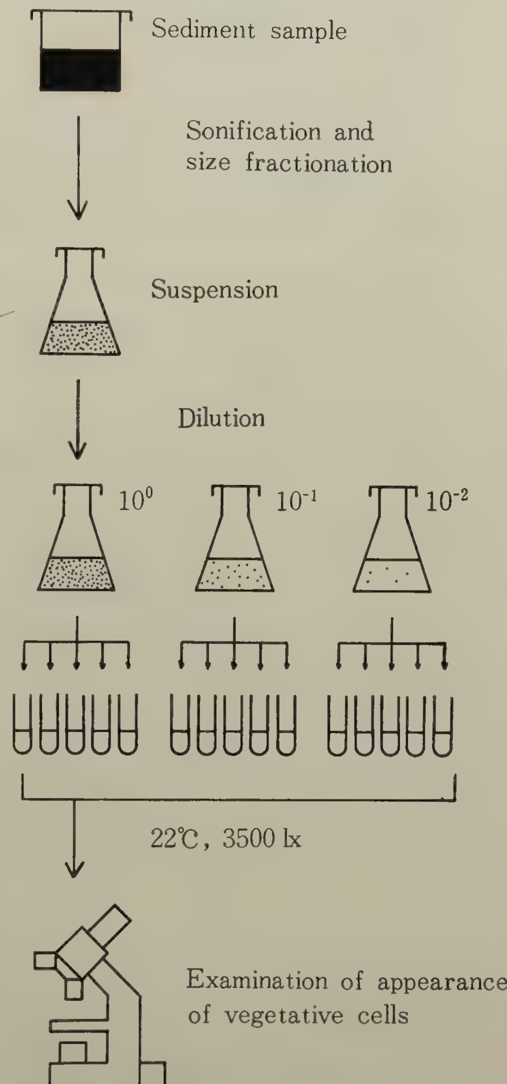


Fig. 2. Process of the extinction dilution method for enumeration of dormant cells of *Chattonella* in the bottom sediment samples.

9―12日後，各試験管における *Chattonella* 栄養細胞の出現の有無を顕微鏡で調べ，出現したものは陽性，しなかったものは陰性として記録した。つぎに，各希釈段階における陽性数の組み

合わせから最確数表（例えば THRONDSEN 1978）を参照して，海底泥 1 g 中の耐久細胞の最確数 (MPN) を決定した。1 cm^3 の試料中の耐久細胞数は，この値に泥試料の見かけの比重を乗じて求めた。一方，250メッシュ（63μm）以下の泥分含有率も測定した。

なお，本研究で用いた沪過海水は，研究所地先の海水をワットマン GF/C ガラス繊維沪紙で沪過後，オートクレーブによって滅菌したものである。

結　　果

1. 海底泥から出現した *Chattonella* 栄養細胞について

終点希釈法による *Chattonella* 耐久細胞の計数は培養を基本とするため，5 タイプの *Chattonella* 栄養細胞を観察することができた (Fig. 3)。最も普通に観察されたのは *Chattonella marina* (SUBRAHMANYAN) HARA et CHIHARA と *C. antiqua* (HADA) ONO (原・千原 1982) の両種であった (Fig. 3, A, B)。また，時々“わらじ形”と通称されるものも観察された (Fig. 3, C)。ここでいう“わらじ形”は，*C. antiqua* の小形の細胞程度の大きさで，後端部の細長い尾部を欠き，外部形態では *C. marina* の大形細胞のような印象を与える。この他に，長径30μm 以下の“小形”のものがまれに観察された (Fig. 3, D)。これは細胞径が小さく，色調は薄く，外部形態から判断すると *C. marina* に類似していた。最後に，以上の 4 つの他に極めてまれに認められたタイプのものが 2 回観察された。大きさは *C. antiqua* と類似するが，葉緑体は細胞内に散在し，その数も著しく少ないのが特徴である (Fig. 3, E)。

本研究においては，以上 5 つのタイプのものを *Chattonella* として取り扱った。このうち *C. marina*, *C. antiqua* および“わらじ形”を除く 2 つのタイプはまれにしか観察されず，終点希釈法による耐久細胞の計数値にほとんど影響を与えなかった。

他に Raphidophyceae の仲間では *Fibrocapsa japonica* TORIUMI et TAKANO (TORIUMI and TAKANO 1973) が時折観察された。なお，球形 *Chattonella* (原・千原 1983) は認められなかった。

2. 耐久細胞の分布

Fig. 4 に播磨灘における耐久細胞の分布を示す。分布密度は水域によって異なり，海底泥 1 cm^3 あたり最小は 5，最大は316細胞・cm^{-3} であった。3 cm深までの 1 m^2あたりの分布密度に換算すると，前者は1.6×10^5，後者は9.5×10^6 細胞・m^{-2} となる。50細胞・cm^{-3} 以上の高密度域は灘中央部の淡路島寄りの水域，香川県境に近い徳島県沿岸，および家島諸島西方の兵庫県西部沿岸で認められた。10細胞・cm^{-3} 以下の低密度域は，四国側の St. 32 と兵庫県側の St. 29 であった。他の多くの定点は10—50細胞・cm^{-3} の値を示した。播磨灘全域における分布密度の単純平均値は約57細胞・cm^{-3} であり，1 m^2あたり1.7×10^6 細胞と試算される。

泥分率（63μm 以下の粒子）と耐久細胞の分布密度の関係は Fig. 5 に示すように，泥分率が低い場合には耐久細胞の分布密度も低い傾向がみられた。これに対して泥分率の高い場合には，耐

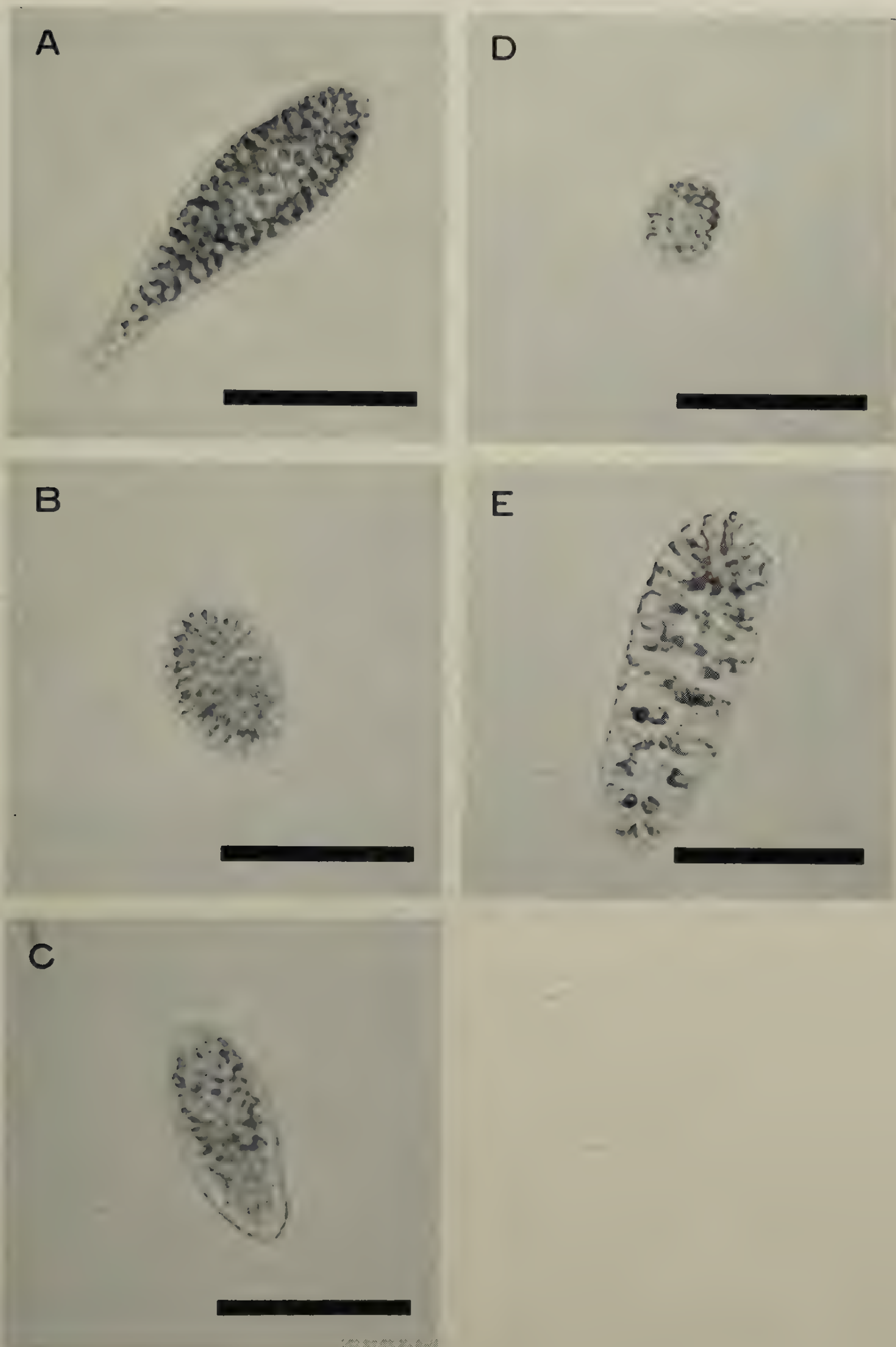


Fig. 3. Microphotographs of five types of *Chattonella* observed. Bars, 50μm.
A : *Chattonella antiqua* (HADA) ONO
B : *C. marina* (SUBRAHMANYAN) HARA et CHIHARA
C : Type Waraji. The size is larger than *C. marina*. The posterior end of the cell is roundish as compared with *C. antiqua*. Waraji means the shape of straw sandal in Japanese.
D : Type mini. The size is smaller than *C. marina*.
E : New type. Although the size is similar to *C. antiqua*, chloroplasts are scattered in the cell.



Fig. 4. Distribution of dormant cells of *Chattonella* in Harima-Nada, eastern Seto Inland Sea, enumerated by the extinction dilution method. Numerals indicate the number of dormant cells per cubic centimeter wet sediment.

久細胞の分布は大きく変動している。しかし，耐久細胞が高密度で存在するためには，少なくとも高い泥分率であることが必要条件のようである。

考　　察

本研究で用いた終点希釈法は海底泥試料の培養が基本になるので，計数対象は発芽可能な耐久細胞である。したがって，耐久細胞の総数は計数できず，発芽率は測定できない。しかし，耐久細胞の中で発芽可能なものを計数しているので，実質的な Seed population を把握できるものと考えられる。

実験中に出現した *Chattonella* の栄養細胞は，Fig. 3 に示す5つのタイプに分けられたが，この中で“わらじ形”の出現はかなりあるので，その位置付けが以後重要になると思われる。

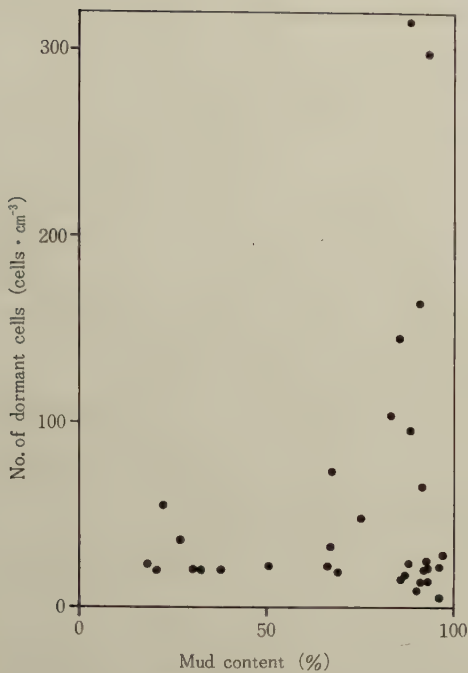


Fig. 5. Relationship between the number of dormant cells of *Chattonella* and mud content (<63 μm) in Harima-Nada.

"わらじ形" は，大きさを重視すれば *C. antiqua* が形態変化したものと解釈できるが，細胞後端の細長い尾部の有無を重視するなら *C. marina* の大形細胞とも解釈できる。さらに，*C. antiqua* と *C. marina* はともに形態や大きさの変異が著しいため，培養等を通じて分類学的な検討を要する課題であろう。ちなみに，"わらじ形"の細胞は1984年7月の周防灘ではかなり高頻度で観察された（今井・伊藤　未発表)。"小形" のものは外部形態が *C. marina* に類似し，場合によっては *C. marina* の小形細胞と区別しにくかった。しかし，*C. marina* と比べればやや色調が薄いようである。このタイプについても今後検討が必要と思われる。５番目のタイプのもの（**Fig. 3, E**）は，葉緑体の存在様式から明らかに *C. antiqua* や *C. marina* とは異なっているので，分類学的に詳しく検討する必要がある。

1984年４月の播磨灘における *Chattonella* 耐久細胞の分布密度は場所によって変動し，高密度に集積されている水域が認められた。計数方法に違いはあるが，1983年４月の分布（今井他 1984）と比較すると，灘中央部と南部に高密度水域が存在するという概略的な傾向は一致している。しかし詳細に検討すると，1984年の高密度域は南部でやや東と北に広がり，中央部では淡路島寄りに移っていた。一般的に，潮流の平均値である恒流は物質の移動・集積に大きな影響を与えるといわれ（柳・樋口　1979），カナダ東部海岸のファンデー湾における *Gonyaulax excavata* のシストの高密度域は，環流の位置とよく一致するという（White and Lewis　1982）。したがって，*Chattonella* の耐久細胞についても同様に流れの影響を受けると推察されるが，現時点では明らかでない。しかし，耐久細胞は運動性がないと考えられるので，高密度域はやはり環流域や海水の停滞する水域に相当するものと推察される。ちなみに，南部の高密度域は海水が集束する傾向のある水域といわれている（深瀬他　1981)。

播磨灘で濃密な *Chattonella* 赤潮が発生する水域は，一般に北部沿岸域，中央域，および南部の四国沿岸域であるとされている（岡市他　1983)。赤潮の発生には潮流や風による集積作用も重要であるので（吉田・沼田　1982 a, b）単純には論じられないが，中央部と南部水域（特に徳島県沿岸）は，赤潮の発生する水域と耐久細胞の高密度域がおおむね一致している。一方，北部の兵庫県沿岸域は耐久細胞の密度が低かった。それにもかかわらず，この水域では，赤潮の発生時期が早いうえに濃密であり，継続期間も長い（岡市他　1983）という報告がある。これは，水深の浅い北部沿岸域では底層水温の上昇が水深の深い灘中央部や南部に比べて早く，耐久細胞が早期に発芽するものと考えられ，これに加えて灘中央部起源の *Chattonella* が，その後も継続的

に潮流や風（とくに南寄りの風）によって北部沿岸域へと増殖しつつ集積された結果であると推察される。また北部沿岸域でも，北西部が *Chattonella* 赤潮の発生点である可能性が高いという指摘がなされているが（岡市他　1983），家島諸島西部に若干高密度域が存在することは（Fig. 4），Seed population を考えるうえで興味深い。

1984年の *Chattonella* 赤潮の終息した後９月19日に，St. 12と16から採泥して１cm深までの試料を用いて耐久細胞を計数し，St. 12で13細胞・g湿泥$^{-1}$，St. 16で4.5細胞・g湿泥$^{-1}$の結果を得た（今井・伊藤　未発表）。同じ定点の４月の値（３cm深までの試料，St. 12で240細胞・g湿泥$^{-1}$，St. 16で79細胞・g湿泥$^{-1}$）と比較すると，この時点での発芽可能な耐久細胞数は著しく少ない。これは，春季に存在していた発芽可能な耐久細胞の大部分が夏季に発芽してしまったためであろう。したがって，播磨灘においては *Chattonella* 耐久細胞のほとんど大部分が実質的な Seed population となっているものと考えられる。今後，*Chattonella* のたね場の経年変動と形成過程を，潮流や風と関係付けて実証的に明らかにすることが重要な課題である。

摘　　要

1984年４月に播磨灘の32定点において海底泥試料を採集し，終点希釈法によって *Chattonella* 耐久細胞数を計数した結果，下記の知見を得た。

1．実験中に出現した *Chattonella* には，５タイプが観察された。すなわち，*Chattonella marina* (SUBRAHMANYAN) HARA et CHIHARA, *C. antiqua* (HADA) ONO, “わらじ形”，“小形”および新種と思われるものである。

2．耐久細胞の分布密度は５—316細胞・cm^{-3}（平均57）であり，50細胞・cm^{-3}以上の高密度域は，灘南部，中央部，および北西部に存在した。北部沿岸域では，耐久細胞の分布密度は低かった。

3．泥分率（63μm 以下の粒子）の低い試料においては耐久細胞数は少ない傾向を示したが，高い試料では多い場合も少ない場合もあった。

4．春季に存在した発芽可能な耐久細胞のほとんど大部分が，夏季の間に発芽してしまっていた。したがって，播磨灘においては耐久細胞の大部分が実質的な Seed population として機能しているものと考えられる。

謝　　辞

本研究を進めるにあたり，有益な御助言と激励を賜わった，南西海区水産研究所赤潮部長安楽正照博士に深く感謝の意を表する。また，一般海洋観測および採泥作業に御協力をいただいた，南西海区水産研究所調査船しらふじ丸の乗組員各位に，厚く御礼申し上げる。

引 用 文 献

秋月友治・北角　至・吉田正雄，1981：播磨灘南部海域における赤潮発生環境に関する研究—II．大規模赤潮の形成及び赤潮被害抑止に関する研究，昭和55年度研究成績報告書，南西水研他，pp. 61—77.

Anderson, D. M. and D. Wall, 1978: Potential importance of benthic cysts of *Gonyaulax tamarensis* and *G. excavata* in initiating toxic dinoflagellate blooms. J. Phycol., **14** (2), 224–234.

Anderson, D. M., 1980: Effects of temperature conditioning on development and germination of *Gonyaulax tamarensis* (Dinophyceae) hypnozygotes. J. Phycol., **16**, 166–172.

Anderson, D. M., D. G. Aubrey, M. A. Tyler and D. W. Coats, 1982 : Vertical and horizontal distributions of dinoflagellate cysts in sediments. Limnol. Oceanogr., **27**, 757–765.

遠藤拓郎・長田　宏，1984：渦鞭毛藻 *Peridinium* sp. のシストの休眠と発芽．日本プランクトン学会報，**31** (1)，23—33.

深瀬　茂・福岡二郎・田原恒男，1981：1977年暖候期における播磨灘の海洋構造とホルネリア赤潮の発生．潜伏期における赤潮原因種挙動調査研究報告書，水産庁，pp. 1—22.

原　慶明・千原光雄，1982：日本産ラフィド藻シャットネラ（*Chattonella*）の微細構造と分類．藻類，**30**，47—56.

原　慶明・千原光雄，1983：ラフィド藻類．赤潮マニュアル　IV．その他の藻類，安達六郎他編，赤潮問題研究会分類班，pp. 55—69.

飯塚昭二・入江春彦，1972：大村湾の赤潮発生環境と発生要因．内湾赤潮の発生機構，花岡　資他編，日本水産資源保護協会，pp. 35—57.

今井一郎・伊藤克彦・安楽正照，1984：播磨灘における *Chattonella* 耐久細胞の分布と発芽温度．日本プランクトン学会報，**31**(1)，35—42.

Imai, I., K. Itoh and M. Anraku, 1984 : Extinction dilution method for enumeration of dormant cells of red tide organisms in marine sediments. Bull. Plankton Soc. Japan, **31**(2), 123–124.

木俣正夫・河合　章・石田祐三郎，1960：海底泥土の採取法．日水誌，**26**(12)，1227—1230.

小林　聡・松岡数充・飯塚昭二，1981：大村湾底泥中からの *Gonyaulax polyedra* Stein のシストの発見．日本プランクトン学会報，**28**(1)，53—57.

岡市友利・畑　幸彦・遠藤拓郎・柳　哲雄，1983：瀬戸内海．海の環境科学，平野敏行編，恒星社厚生閣，東京，pp. 298—324.

Sako, Y., Y. Ishida, H. Kadota and Y. Hata, 1985 : Excystment in the freshwater dinoflagellate *Peridinium cunningtonii*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **51**(2), 267–272.

Steidinger, K. A., 1975 : Basic factors influencing red tides. In "Proceedings of the first international conference on toxic dinoflagellate blooms". ed. V. R. LoCicero, Mass. Sci. Tech. Found., Wakefield, MA, 153–162.

Throndsen, J., 1978 : The dilution-culture method. In "Phytoplankton manual". ed. A. Sournia, Unesco, Paris, 218–224.

Toriumi, S. and H. Takano, 1973 : *Fibrocapsa*, a new genus in Chloromonadophyceae from Atsumi Bay, Japan. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. No. 76, 25–35.

Walker, L. M., 1984 : Life histories, dispersal, and survival in marine, planktonic dinoflagellates. In "Marine plankton life cycle strategies". eds. K. A. Steidinger and L. M. Walker, CRC Press, Boca Raton, Florida, 19–34.

Wall, D., 1975 : Taxonomy and cysts of red-tide dinoflagellates. In "Proceedings of the first international conference on toxic dinoflagellate blooms". ed. V. R. LoCicero, Mass. Sci. Tech. Found., Wakefield, MA, 249–255.

WHITE, A. W. and C. M. LEWIS, 1982 : Resting cysts of the toxic, red tide dinoflagellate *Gonyaulax excavata* in Bay of Fundy sediments. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **39**, 1185–1194.

柳　哲雄・樋口明生，1979：瀬戸内海の恒流．沿岸海洋研究ノート，**16**(2)，123—127.

吉田陽一・沼田克己，1982 a：*Chattonella antiqua* (HADA) ONO の潮流による集積．日水誌，**48**(9)，1271—1275.

吉田陽一・沼田克己，1982 b：*Chattonella antiqua* (HADA) ONO の集積に及ぼす風の影響．日水誌，**48**(9)，1277—1280.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res.. Lab. No. 19, 1985

周防灘におけるメイオベントスの生態学的研究

酒 井 保 次

Ecological Studies of Meiobenthos in Suo-nada

Yasuji SAKAI

A good deal of attention is being paid to the importance of meiobenthos in coastal shallow waters, for their significance as food for demersal fish and other marine organisms. Meiobenthos is also useful as the indicator organism to identify the quality of bottom sediments from environmental aspects.

From the fisheries point of view, the ecological characteristics of meiobenthos are important in relation to the feature of bottom sediments and to the fishing ground of demersal fish.

By the present investigation, the distribution of meiobenthos in Suo-nada, Seto Inland Sea, was first clarified. Then, the relations between the amout of catch of demersal fish and the findings in the present study were analysed for respective area and species.

1. The mean number of individuals of meiobenthos in Suo-nada was about 800 per 100 cm^2, and consisted mainly of nematodes, polychaetes and benthic copepods.

   These animals were found abundantly close to the surface of sediments. They actually distributed more deeper in sandy mud than muddy bottom, and were found from the surface down to 5cm in depth.

2. Meiobenthos was abundant in autumn, while scarce during the summer time. Concerning the regional distribution, the number of individuals was numerous in the eastern and northern areas, but less abundant in the central, southern and western areas.

   Concerning the percentage occurrence of principal meiobenthos, in nematodes, *Sabatiera* was found abundantly in the entire Suo-nada, while, *Desmodora* appeared in large number in the eastern and *Terschellingia* in the western areas. In polychaetes, *Prionospio cirrifera* distributed abundantly from the central to the western areas, while *Cossura coasta* and *Lumbrineris longifolia* were numerous in northern and eastern areas. Harpacticoids a benthic copepod group, was collected abundantly from the entire area.

3. The relation between the individual number of meiobenthos and the depth of their distribution was then analysed.

   Although individual numbers of nematodes were few during summer and winter at depths between 20 and 40 meters, they increased the number in company with the increase of depth of water in other seasons. In polychaetes, the numbers were abundant in the water deeper than from 30 to 40 meters. On the contrary, the benthic copepods were noticed scarcely in water deeper than 30 to 40 meters.

   The investigation on the relation between the occurrence of meiobenthos and the mud-content of sediment revealed that nematodes became less abundant in company with the increase of mud

1985年7月4日受理，南西海区水産研究所業績　第168号，〒739-04 広島県佐伯郡大野町

content. The similar tendency was also observed in polychaetes excpt in spring. Benthic copepods were less abundant in sediments with mud-content from 50 to 75%, while they appeared abundantly in sediments with mud-content more than 75%.

4. Based on the quantity and the ranking of occurrence of three major meiobenthos (nematodes, polychaetes, and benthic copepods), the distibutional patterns of meiobenthos are divided into four types, viz. Polychaeta-Nematoda type, Nematoda-Polychaeta type, Polychaeta-Copepoda type, Copepoda-Polychaeta & Nematoda type. From the mean composition and biomass of these species, four types could then be arranged into two categories: Polychaeta-Nematoda group and Polychaeta-Copepoda group. The former group is seen in the coarse sandy-mud bottom of the eastern portion of Suho-nada, and characterized by two polychaete species *Cossura coasta* and *Lumbrineris longifolia* and two nematode genera *Sabatiera* and *Desmodora*. The latter group is seen in the fine mud bottom of the shallow western water and characterized by a polychaete species *Prionospio cirrifera* and two nematode genera *Sabatiera* and *Terschellingia*. The mean biomass of Polychaeta-Nematoda group was about 280 mg/m^2 in wet weight, and the value of Polychaeta-Copepoda group was only about 120 mg.

5. Although the small-type trawl fishery in Suo-nada is carried out in the entire area, of Suo-nada, the fishing ground of demersal fish are mainly restricted to the eastern area characterized by Polychaeta-Nematoda group is essential. On the contrary, the demersal fishery is not active in the western area characterized by Polychaeta-Copepoda group.

The catch of flat fish such as soles, finespotted flounder, *Pleuronichtys cornutus*, and marbled flounder, *Limanda yokohamae*, was good in the area characterized by the Polychaeta-Nematoda group, while it was less abundant in the area characterized by Polychaeta-Copepoda group.

It is interesting to note that the amount of biomass of meiobenthos was fairly well correlated to the amount of catch of demersal fish in the water defined as the Polychaeta-Nematoda group. This tendency was especially remarkable in the catch of soles.

On the other hand, no relation was observed between the biomass of meiobenthos and the catch of demersal fish in the water defined as the Polychaeta-Copepoda group.

The results obtained through the present study indicate that the distributional pattern and the biomass of three major meiobenthos (nematodes, polychaetes and benthic copepods) in Suo-nada, Seto Inland Sea, have fairly close relationships to the localities of fishing grounds of flat fish and to the catch of important species such as soleina, finespotted and marbled flounders.

目　　次

Ⅰ 緒　　　言

海洋におけるベントス（底生生物）は，ネクトン（遊泳動物）と同じく1891年に HAECKEL が使い始めた名称で，1887年に HENSEN が名づけたプランクトン（浮遊生物）などと共に海洋における生物の生活様式によって類型された生物群である。これらの生物群は，海底の底質の表面，あるいは底質の中で生活し，固着もしくはわずかな運動しかしない生物である。これらのうちで植物に属するものを植物性ベントス，動物に属するものを動物性ベントスと2つに区分している。動物性ベントス（以下ベントスと略す）の研究は，18世紀に主として分類学的研究から始まり，ベントスが生態学的見地から研究されるようになったのは，1910年 PETERSEN がデンマークで底魚の餌生物の量的分布を明らかにすることを目的として採泥器による定量調査を行ったのが最初である。ベントスは，従来から大きさにより，1個体が数g以上のメガロベントス，1個体が数g以下で1㎜目のフルイに残るマクロベントス，顕微鏡サイズでバクテリアや珪藻などのミクロベントスに区分されていた。しかし1㎜目のフルイを通過する小型のベントスが多く存在することが明らかになり，これらのベントスをミクロベントスとも区別し，1942年 M. MARE によりメイオベントスと名づけられた（MARE 1942, MCINTYRE 1969）。

このメイオベントスの生態学的研究は，主として試料採集上の制約等から潮間帯周域を中心に

行われ，浅海域及び深海域での調査研究は極めて少ない状態が続いた（McIntyre 1969, 1971)。その後，メイオベントスの研究は，ヨーロッパ，北米を中心に発展し，出現種や個体数の季節的変動を取扱った研究（Wieser 1960, McIntyre 1964, Tietjen 1969, Coull 1970, McIntyre & Murison 1973)，定量的研究（Gray 1971, Juario 1975, Bell 1979)，海底での生物生産力に関する研究（Wieser & Kanwisher 1961, Teal 1962, Tietjen 1969, Wittle & Zijlstrs 1984）及び底質環境との関係についての研究（Warwick 1971, Bell 1979, Dye 1981, Raffaelli & Mason 1981, Warwick 1981, Raffaelli 1981）が主に行われて現在に至っている。

我国におけるメイオベントスの研究は，線虫類の分類を中心とした研究（Tokioka 1949, Wieser 1955, Sudzuki 1976, Kito 1976, 1977, 1978a, b, 1981, Yoshimura 1980a, b, 1982）がわずかに行われており，また分布及び生態学的研究は，潮間帯付近の砂浜や藻場での群集生態の一部として行われている（Kikuchi 1966, Mukai 1871, Kito 1975, Ito 1978)。さらに底質環境との関係についての研究は，最近になってようやく実施され始めたばかりである（Shirayama 1982, 1984a, b)。このように，我国におけるメイオベントスの研究は，ごく一部に分類及び生態学的研究が行われているにすぎない。これは，メイオベントスがマクロベントスに比べ，採集，選別が非常に煩雑で，また種名の同定も困難なことによるものと考えられる。しかし，メイオベントスは，マクロベントスに比べて一つの世代が短く年間の世代交代数の多いことから，海底での生産力に関して重要な位置を占めていると考えられ始めている。また最近では，底魚類や他の水産動物の餌としての役割及び底質環境に対する指標としても注目され始めている。

ベントスの底質に対する指標性については，ベントスは，一般に移動能力が極めて弱く定着性が強いので，潮汐，流入河川水，降雨など環境条件の一時的変化に影響されることが比較的少なく，海域の環境条件の平均的な状態を表わす利点がある。したがってこれらベントスは，その分布状況から海域の環境条件とくに底質に対する指標としての利用価値が高い。

瀬戸内海沿岸域では，マクロベントスを指標生物として利用する研究が数多くなされており，宮地（1938, 1940a, b）は貝類の出現分布を内湾度の指標として，北森（1963）は数種の多毛類を使い汚濁水域の指標としての有効性を論じている。

また，メイオベントスに関しては Raffaelli & Mason (1981) が線虫類と底生かい脚類の出現個体数の比から底質環境を論じているが，現在のところ結論を出すに至っていない（Warwick 1981, Raffaelli 1981, Coull et al. 1981)。いずれにせよ，メイオベントスの底質環境に対する指標性についてはマクロベントスと同じようにその有効性を否定することはできない。しかし我国におけるこの分野の研究は，現段階においてほとんど手がつけられていない状態である。

著者は，このようなメイオベントスを水産的な見地から，底質環境や底魚漁場環境との関係において，その特性を見い出すことを目的として調査研究を行った。調査研究は，Fig. 1 に示した沿岸域としては比較的汚染が進んでいない海域で，また底魚類を対象とした小型底曳網漁業の盛んな瀬戸内海西部の周防灘を調査海域に選び，まずメオベントスの分布状況を把握するため，主要種の季節別出現個体数を調査した。次にメイオベントスと底質環境との関係を明らかにするため，水深及び底質の含泥率と主要種の出現個体数との関係を検討した。またメイオベントスの主

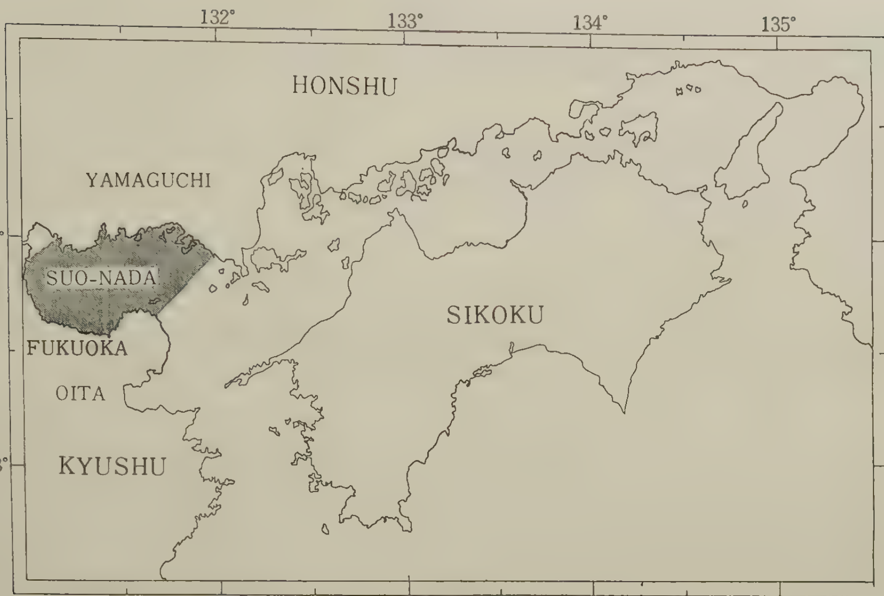


Fig. 1. Map showing the location of study area.

要構成生物の出現順位から出現海域の類型化を行い，海域の区分及び底質環境に対する検討を行った。さらにこれらの結果に基づきメイオベントスの分布と底魚漁獲量との関係を海域別，魚種別に明らかにし，メイオベントス主要構成生物と底魚漁場との関係について検討を行った。

本研究を取りまとめるについて，終始きわめて懇切なご指導とご校閲をいただいた九州大学農学部教授　塚原博博士につつしんでお礼を申し上げる。また，諸々のご指導とご批判をいただいた同大学農学部教授　板沢靖男博士，同助教授　中園明信博士に厚くお礼を申し上げる。研究の実施にあたり，ご指導と多大な御協力をいただいた南西海区水産研究所漁場保全研究室長　会沢安志博士，同研究所赤潮部長　安楽正照博士に厚くお礼を申し上げる。また，底魚類の漁獲量に関し有用なご助言をいただいた同研究所内海資源部　伊東弘室長，正木康昭博士に深くお礼申す次第である。試料の採集に当り，調査船しらふじ丸の乗組員各位の協力を得た。ここに深く感謝する。

II　研究方法と調査海域

1.　研究方法

1)　採泥器と採集個体数

一般に浅海域における底生生物の採集は，主にその大きさによって採集器具を使い分けている。1㎜目のフルイを通過し，数十μのフルイ目に残るメイオベントスは，通常グラブタイプ及びコアータイプの採泥器により採集されている。本調査海域の周防灘は，海底が砂泥底及び泥底であり，ここでは砂泥底，泥底におけるメイオベントスの各種採泥器による採集効率を明らかにするため，1981年10月に周防灘の砂泥底及び泥底の調査点において，グラブタイプ及びコアータイプ

Table 1. Sampling efficiency of meiobenthos by three samplers.

Substrate	Sampler	Nematodes	Polychaetes	Copepods
Sandy-mud	core sampler	100	100	100
	Eckman-Birdge sampler	73	64	54
	Smith-McIntyre sampler	74	87	55
Mud	core sampler	100	100	100
	Eckan-Birdge sampler	82	96	51
	Smith-McIntyre sampler	88	61	47

1) Sampling volume was $10\times10cm^2$, sampling depth was 10cm.
2) Number of individuals by core sampler is 100.

による採泥を行い，その結果を Table 1 に示した。なお使用した採泥器は，グラブタイプとして採泥面積 0.04m²のエクマンバージ採泥器及び 0.1m²のスミスマッキンタイヤー採泥器，コアータイプとして内径 7 cmのコアー採泥器である。

これによれば，線虫類，多毛類，底生かい脚類いずれも，コアー採泥器による採集率が他の 2 種の採泥器に比較して高く，コアー採泥器の採集個体数を 100 とすると，砂泥底，泥底ではエクマンバージ，スミスマッキンタイヤー採泥器のいずれも線虫類，多毛類で70—80，底生かい脚類で50程度であった。これは，グラブタイプの採泥器では，海底から船上に引き上げられる際に，底泥水と共に底泥表層付近に生息しているメイオベントスがあふれ出るためと考えられる。一方，コアー採泥器は，底泥水の流出がなく，底泥表層付近に生息しているメイオベントスの全量が採集されるためである。

以上の結果から，メイオベントス採集には，コアー採泥器の使用が最も適切であると判断した。本研究では，コアー採泥器による採集が可能な限りコアー採泥器を使用し，底質の粗い海域でコアー採泥器による採集が不可能な場合においてのみ，エクマンバージ採泥器，またはスミスマッキンタイヤー採泥器を使用した。

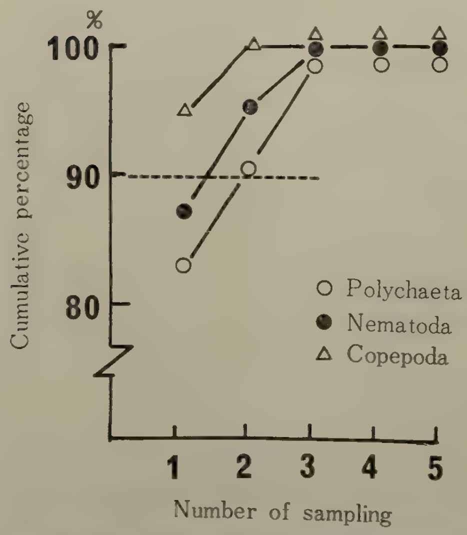


Fig. 2. Relation between number of sampling and cumulative percentage to the total number of individuals collected by five samplings.

2)　採集回数と主要出現種の採集割合

メイオベントスを定量採集するため，1981年10月に周防灘東部及び北部の底質の異なる 3 調査点で採集回数の検討を行った。各調査点では 5 回の採泥を行い，主要出現種の平均採集割合を調べ，その結果を Fig. 2 に示した。これによれば，採泥回数 3 回でメイオベントス主要出現種の 100% を，採泥回数 2 回で線虫類，多毛類，底生かい脚類のそれぞれ90%以上を採集できることが明らかになった。

以上の検討結果に基づき，本研究では，メイオベントス採集法として各調査点でコアー採泥器による2回採泥を行うことにした。

3)　採泥深度と採集個体数

メイオベントスの定量採集を行うに当り，底泥表面からの採集深度を求めるため，1981年10月に周防灘東部及び北部の泥底，砂泥底の2調査点で，線虫類，多毛類，底生かい脚類の垂直分布を調べ，その結果を Fig. 3 に示した。これによると，線虫類は，泥底において底泥表面から3cmの深さまでに出現個体数の90%が採集され，また砂泥底で80%が採集されている。多毛類では，泥底で海底表面5cmまでに泥底では90%，砂泥底では80%がそれぞれ採集されている。底生かい脚類では，泥底で1cmの深さまでに90%以上が採集され，砂泥底でも3cmまでで90%が採集されている。

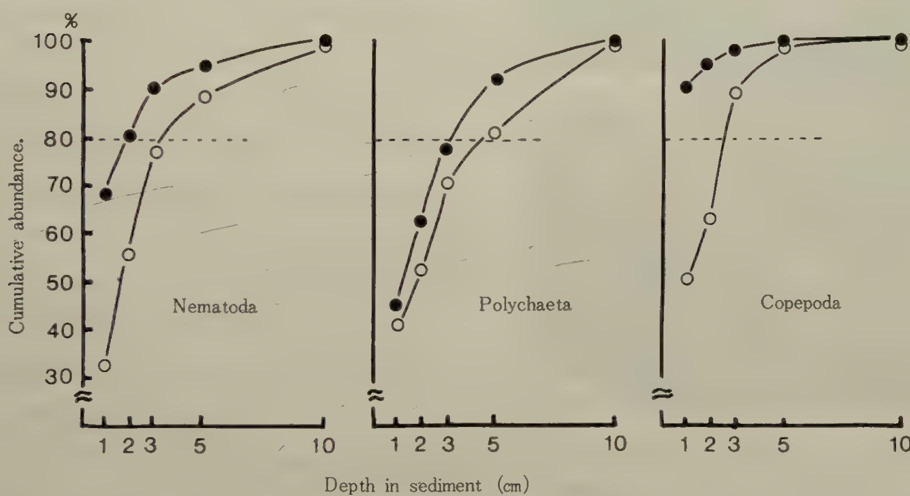


Fig. 3. Vertical distribution of meiobenthos in Suo-nada.
● Mud　○ Sandy-mud

以上のように，線虫類，多毛類，底生かい脚類は海底表面付近に主に分布し，また，泥底と砂泥底では砂泥底の方により深く分布していた。いずれにしても海底表面から5cmの深さまでで出現個体数の80—90%程度採集できることを認めた。この結果に基づいて本研究では，採泥された底質のうち海底表面から5cmまでをメイオベントスの試料とした。

4)　試料の処理

コアー採泥器により採集された底泥は，船上で直ちに底泥表面から5cmまでを切り取り，メイオベントス用試料として7—8%中性ホルマリン海水で固定し，研究室に持ち帰った。また，底質分析用試料は分析までの間−20℃で凍結保存した。メイオベントス用試料は，研究室で Hulings & Gray (1971)，山西 (1979) の方法に準じて試料に海水を加え，攪拌しながらフルイ分けを行い，メイオベントスを分離した。底泥からメイオベントスを選別する場合，使用するフルイの大きさによって採集生物の種類及び量の異なることが知られており (Reish 1959)，本研究では，

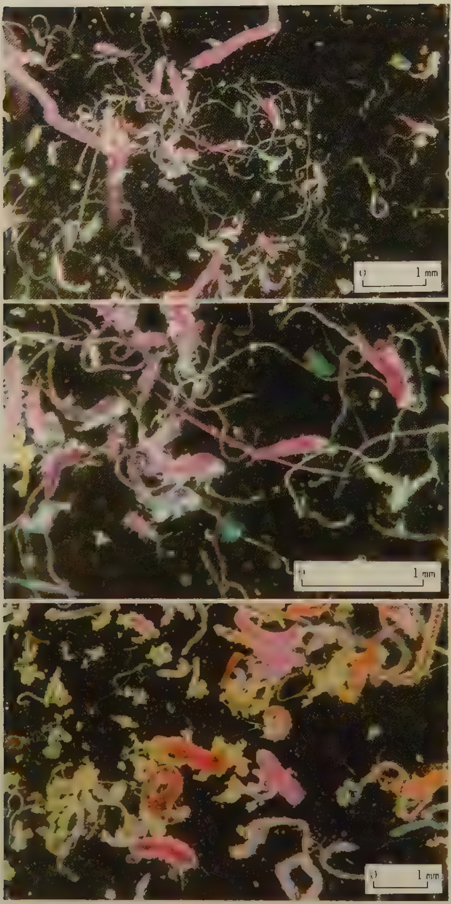


Fig. 4. Photographys of meiobenthos.
Upper: Nematoda, Polychaeta, Copepoda.
Middle: Copepoda, Nematoda.
Lower: Polychaeta.

比較的サイズの大きいメイオベントスの採集を目的としたため，1㎜目のフルイを通過し，63μのフルイに残った試料を対象とした。試料は，メイオベントスの選別作業を容易にするため，0.2%のローズベンガル溶液を加え染色し（McIntyre 1964，Warwick & Buchanan 1970），実体顕微鏡下で主なメイオベントスを選別し個体数の計測を行った（Fig. 4)。

5）研究材料

本研究では，1981年10月から1982年7月にかけて周防灘18地点で採集されたメイオベントスを使用した。採集した主なメイオベントスの平均個体数を Table 2 に示した。

これによれば，周防灘全域のメイオベントス平均個体数は，10×10cm²当り 796個体で，メイオベントスを構成している主な類では，線虫類が577個体で全体の72.5%を占め，次いで底生かい脚類，多毛類の順であった。このように周防灘で採集されたメイオベントスのうち，線虫類，底生かい脚類，多毛類の3類で全体の90%以上の個体数を占めていた。したがって本研究では，線虫類，底生かい脚類，多毛類の3類をメイオベントス主要出現種として研究を行った。次にこれら3類の主な出現種を線虫類では属まで，多毛類では種まで同定を行い，結果を Table 3 に示す。

Table 2. Abundance of the main meiobenthos in Suo-nada, 1981–1982

Group	Number of individuals (No./10×10cm²)	%
Nematoda	577	72.5
Polychaeta	55	6.9
Copepoda	93	11.7
Others	71	8.9
Total	796	100

※ Others……Folminifera. Ciliata, Turberallia, Molusca, etc.,

Table 3. List of the main meiobenthos in Suo-nada

Nematoda	*Sabatiera*
	Terschellingia
	Desmodora
	Odontophora
	Curvolaimus
	Viscosia
Polychaeta	*Prionospio cirrifera*
	Cossura coasta
	Lumbrineris longifolia
	Sigambra tentaculata
Copepoda	Harpacticoida

これによると，線虫類では，*Sabatiera, Terschellingia, Desmodora, Odontophora, Curvolaimus, Viscosia* の各属が主に出現し，多毛類では，*Prionospio cirrifera, Cossura coasta, Lumbrineris longifolia, Sigambra tentaculata* が主に出現している。底生かい脚類は，出現個体のほとんどが Harpacticoids である。

6）メイオベントス個体数と現存量

一般にメイオベントスの現存量は，他のベントスと同じように湿重量または，乾重量で表わされるが，メイオベントス自体非常に小型で湿重量としては極めて少量なため，多くの場合個体数を測定し，湿重量に換算する方法をとっている。ここでは，周防灘におけるメイオベントス現存量を個体数から湿重量に換算するため，1981年10月に周防灘東部及び周防灘北部の3調査点で得られた試料に基づき個体数と湿重量の関係を求め，Fig. 5 に示した。なお，個体数と湿重量の関係を求める方法としては，線虫類，多毛類，底生かい脚類の一定個体数をミクロ天秤で秤量し平均湿重量を求めた。これによると，線虫類では，$W \doteqdot 0.9\times10^{-3}N$（W；湿重量mg, N；個体数），多毛類では，$W=2.3\times10^{-2}N$，底生かい脚類では，$W=0.2\times10^{-2}N$ の関係を得た。これらの結果から，本研究における現存量は，上記の関係を利用し個体数から湿重量に換算した。

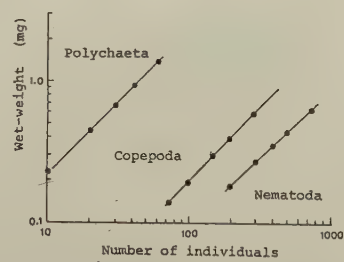


Fig. 5. Relation between individual number and wet-weight.

2. 調査海域

本研究の調査海域の周防灘は，瀬戸内海の西部に位置し，Fig. 6 に示すように東西100km，南北30km，面積3,100km²の海域で，伊予灘，豊後水道，関門海峡に接しこれらを通して海水の交換のよい海域である。

水深は，灘東部で40mを超えるが，灘中央部から灘西部にかけて水深30m前後の海底からゆるやかな勾配で次第に浅くなり，灘西部に20m以浅の平担な海底が続いており，平均水深23.7mの比較的浅い海域である（村上他　1976）。

底質は，灘東部から灘北部にかけて砂質及び砂泥質と粗く，灘中央部から灘西部は泥質である（正木，伊東　1984）。含泥率は，メッシュ150のフルイを通過した微細泥の百分率で示しており，灘中央部から灘西部にかけ含泥率が90％と高く，灘東部，灘北部は20—40％と低くなっている（山口内海水試　1974）。

強熱減量（IL）は，海底表面から5cmまでの深さの泥を均一にした試料を用い，550℃ 4時間の強熱減量を求めた。1982年夏季の試料では，灘東部が5％と低く，灘中央部から灘西部にかけては5％以上で，特に灘西部から灘南部は，10％以上と高くなっている。

全炭素量（T-C）は，灘中央部から灘西部で10.5—18.0mgC/g と高く，灘東部から灘北部で3.6—8.5mgC/g と低い。

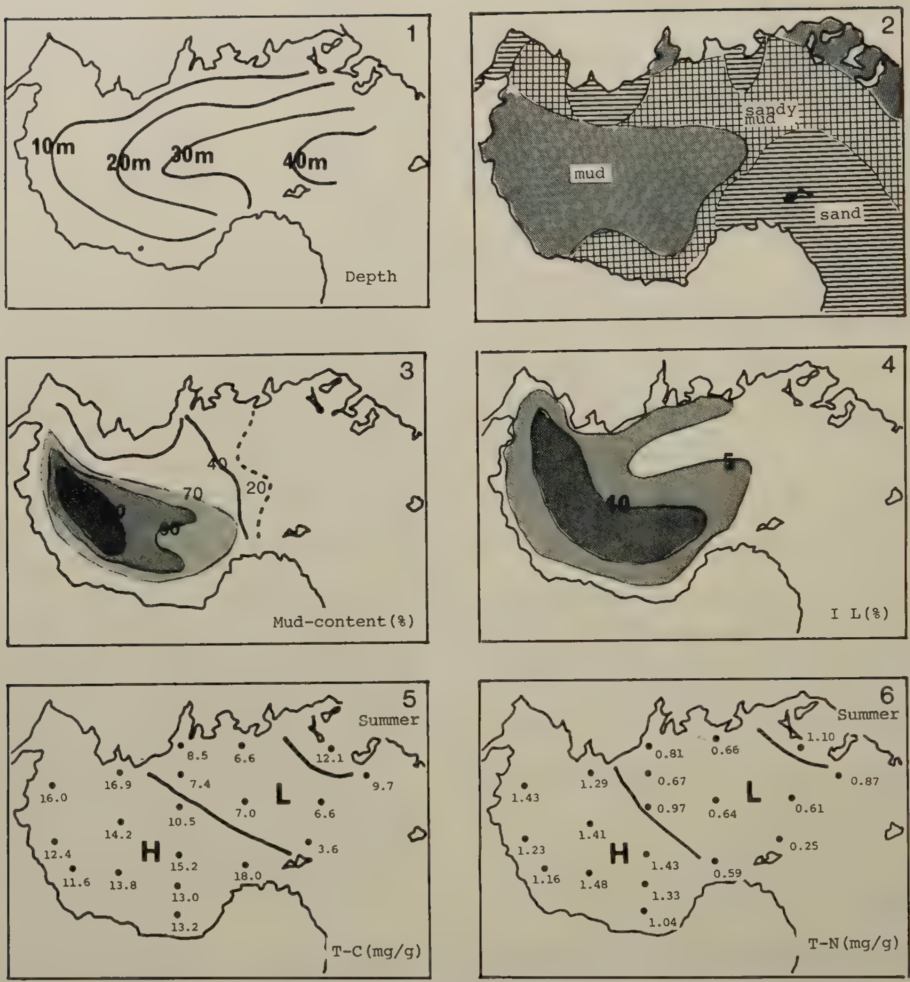


Fig. 6.　Topogrphy, substrate conditions in Suo-nada, western Seto Inland Sea.
1: Depth contours.
2: Spatial distribution of sediment types.
3: Percentage of fine fraction (finer than 105μm)
4: Percentage of ignition loss as the indicator of organic materials.
5: Distrubution of total-carbon (mg/g)
6: Distrubution of total-nitrogen (mg/g)

全窒素量（T-N）は，T-C と同じように灘中央部から灘西部で1.04―1.48mgN/g と高く，灘東部から灘北部で0.25―0.97mgN/g と低い。

なお，T-C 及び T-N は，IL と同じように1982年夏季の試料を用い，海底表面から5cmまでの深さの泥を均一にした試料を柳本 CHN コーダー MT 3 型で分析した。

III　メイオベントスの季節別出現分布

周防灘におけるメイオベントスの分布を明らかにするため，1981年10月から1982年7月にかけ

て Fig. 7 に示した周防灘18調査点で，各季節毎にメイオベントスを採集し，各類毎の出現個体数を計数した。

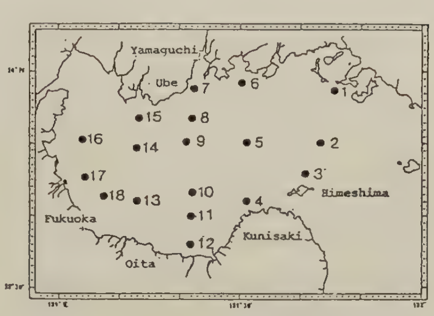


Fig. 7. Location of sampling stations in Suo-nada.

1. 線虫類

線虫類の分布は，Fig. 8 に示すように，季節別に出現個体数の分布を見ると，春季は，灘西部の福岡県沿岸から灘中央部にかけて，出現個体数が10×10cm²当り20—200個体と少ない。また主な出現属の個体数の割合は *Sabatiera* 属が約40％と半数近くを占め，ついで *Desmodora* 属，*Terschellingia* 属が10—20％を占めている。

一方，灘北部の山口県沿岸から灘東部にかけては，10×10cm²当り 200—1,000個体と多く，*Sabatiera* 属が出現個体数の20—30％と多く出現し，*Desmodora* 属，*Terschellingia* 属もそれぞれ10—20％を占めている。また，*Viscosia* 属，*Odontophora* 属の出現も見られた。

夏季は，春季と同じように，灘西部から灘中央部にかけて出現個体数が少なく，10×10cm²当



Fig. 8. Seasonal distribution and density of Nematoda.

り０―120個体である。主な出現属の個体数割合は，*Sabatiera* 属が30―50%，*Terschellingia* 属が10―20%，*Desmodora* 属が10―25%と多く，その他の *Viscosia* 属，*Odontophore* 属は灘中央部でほとんど出現が見られない。灘北部及び灘東部では，10×10cm²当り1,000個体以上の海域が山口県沿岸にあり，灘西部，灘中央部に比べて多い。主な出現属の個体数の割合は，*Sabatiera* 属が30%，*Desmodora* 属が10―20%，*Terschellingia* 属が５―20%と多く，その他の *Viscosia* 属，*Odontophore* 属が５―10%であった。

秋季は，周防灘全域において本調査期間中最も出現個体数が多く，10×10cm² 当り100個体以下の海域はみられなかった。特に灘北部から灘東部にかけて 10×10cm² 当り 1,500―5,000 個体と多く，最大出現個体数は灘北部山口県沿岸の 5,040個体であった。主な出現属の個体数の割合は，*Sabatiera* 属が 30―65%，*Terschellingia* 属が 10―20%，*Desmodora* 属が ５―20%であり，*Sabatiera* 属の出現割合が高い。その他の *Viscosia* 属，*Odontophora* 属はいずれも１―３％と出現割合が低い。灘西部から灘中央部にかけては，10×10cm² 当り 200―1,000個体と他の季節に比べて出現個体が多い。主な出現属の個体数の割合は，*Sabatiera* 属が 30―60%，*Terschellingia* 属が15―25%，*Desmodora* 属が ８―20%と多く，その他の *Viscosia* 属，*Odontophore* 属はほとんどみられなかった。

冬季は，灘北部から灘東部にかけて出現個体数が10×10cm² 当り400―2,500個体と多く，主な出現属の個体数の割合は，*Sabatiera* 属が20―40%，*Terschellingia* 属が10―20%，*Desmodora* 属が15―30%，その他の *Vicosia* 属が２―10%，*Odontophore* 属が１―６％である。灘西部から灘中央部にかけては，出現個体数が10×10cm² 当り100―200個体と少なく，主な出現属の個体数の割合は，*Sabatiera* 属が20―45%，*Terschellingia* 属が10―40%，*Desmodora* 属が10―30%，その他の *Viscosia* 属，*Odontophore* 属が数%であった。

以上の結果から，周防灘における線虫類は，季節的には秋季に最も出現個体数が多く，他の春季，夏季，冬季はいずれも同じ程度であった。また分布は，周年を通して灘北部の山口県沿岸域及び灘東部の姫島周辺域で出現個体数が多く，灘西部の福岡県沿岸域及び灘中央部に少ない傾向が認められた。主な出現属の個体数の割合は，*Sabatiera* 属が周防灘全域で最も多く，常に30%以上を占めており，特に出現個体数が最も多い秋季には，灘北部山口県沿岸域で60%を超えていた。次いで *Terschellingia* 属が灘西部から灘中央部で，*Desmodora* 属が灘北部，灘東部で共に10―20%と比較的多く出現していた。またその他の *Viscosia* 属，*Odontophore* 属は，灘中央部を除き１―10%の出現が認められた。

2. 多毛類

多毛類の分布は，Fig. 9 に示すように，季節別に出現個体数を見ると，春季は灘東部から灘北部及び灘西部にかけて10×10cm²当り20―120個体と多い。主な出現種では，*Prionospio cirrifera* が灘東部で出現個体数の10―20%を占め，灘北部で10―40%，特に灘東部で40―80%と高い割合を示した。次いで *Cossura coasta* が灘東部で７―15%，灘北部山口県沿岸域で40―70%，*Lumbrineris longifolia* が灘東部で16―26%，灘北部で６―20%であった。灘中央部では，出現



Fig. 9. Seasonal distribution and density of Polychaeta.

個体数が10×10cm²当り3—12個体と少なく，*Prionospio cirrifera* が80%以上を占めていた。

夏季は，灘東部の姫島周辺域及び灘北部の山口県沿岸域で出現個体数が10×10cm²当り50—150個体と多い。主な出現種は，*Prionospio cirrifera* が灘東部，灘北部で15—30%，*Cossura coasta* が灘北部で25—30%，*Lumbrineris longifolia* が灘東部で15—60%であった。灘西部から灘中央部では，出現個体数が10×10cm² 当り0—36個体と少ない。主な出現種は，*Prionospio cirrifera* が多く50%以上であるが，*Cossura coasta, Lumbrineris longifolia* とも出現しなかった。

秋季は，周防灘全域に出現個体数が多く，特に灘東部の姫島周辺域から灘北部にかけ10×10cm² 当り200個体以上であり，主な出現種は，*Prionospio cirrifera* が灘東部で13—18%，灘北部で7—19%，*Cossura coasta* が灘東部で2—15%，灘北部で33—72%，*Lumbrineris longifolia* が灘東部で12—23%，灘北部で0—13%であった。灘西部から灘中央部では，出現個体数が10×10 cm²当り15—150個体であり，主な出現種は，*Prionospio cirrifera* が29—62%と多いが，*Cossura coasta, Lumbrineris longifolia* は一部の海域を除きほとんど出現しなかった。

冬季は，灘東部及び灘西部に出現個体数が多く，特に灘東部の姫島周辺域では10×10cm² 当り432個体と多い。主な出現種は，*Prionospio cirrifera* が灘東部で16—26%，灘西部で13—63%，*Cossura coasta* が灘東部で12—35%，灘西部で0—22%，*Lumbrineris longifolia* は灘東部で21

—45%，灘西部で0—13%であった。灘中央部では出現個体数が少なく 10×10cm² 当り10—30個体であり，主な出現種は *Prionospio cirrifera* が約50%以上を占めており，*Cossura coasta*, *Lumbrineris longifolia* とも一部の海域を除き出現していなかった。

以上の結果から，周防灘における多毛類は，季節的には秋季に最も出現個体数が多かった。また分布は，周年を通して灘東部の姫島周辺域で出現個体数が多く，次いで灘北部の山口県沿岸域に多いことが認められた。灘西部の福岡県沿岸域は，冬季，春季は出現個体数が多く，夏季，秋季には少なかった。灘中央部は，周年を通して他の海域より出現個体数が少なかった。主な出現種の割合は，*Prionospio cirrifera* が周防灘全域に最も多く，特に中央部から灘西部で50%以上出現していた。*Cossura coasta* は灘北部の山口県沿岸域に30%と多く，灘中央部では少なかった。*Lumbrineris longifolia* は，灘東部の姫島周辺域に20—50%と多く，灘中央部，灘西部では少なかった。

3. 底生かい脚類

底生かい脚類の分布は、Fig. 10 に示すように季節別に出現個体数及び主要出現種の割合をみると，春季は灘西部から灘南部の沿岸域に10×10cm² 当り200—500個体と多い。主な出現種では，Harpacticoids が80%以上を占めていた。灘北部から姫島周辺域を除く灘東部にかけて10×10cm² 当り10—30個体と少なく，また出現個体数の90%以上は Harpacticoids であった。

夏季は，灘北部，灘西部，灘南部の沿岸域で出現個体数が10×10cm²当り40—125個体と多く，



Fig. 10. Seasonal distribution and density of Copepoda.

灘中央部，灘東部がそれぞれ0—34，0—62個体と少ない。またいずれの海域でもHarpacticoidsが出現個体数の90%以上を占めた。

秋季は，灘中央部を除き出現個体数が10×10cm²当り30—600個体と多く，出現個体数の80%以上を Harpacticoids が占めていた。

冬季は，灘西部から灘南部で出現個体数が10×10cm²当り60—300個体と多く，Harpacticoidsが出現個体数の90%以上を占めていた。また灘中央部から灘東部にかけては，一部の海域を除き，出現個体数が80個体以下と少なく，Harpacticoids が100%近くを占めていた。また灘東部の一部の海域に出現個体数が10×10cm²当り221個体と多い海域があるが，これは海底付近に高密度に分布していたかい脚類の *Oithona* が採集されたためである。

以上の結果から，周防灘における底生かい脚類は，春季と秋季に出現個体数が多く，他の季節はいずれも少なかった。また出現分布は，秋季を除き灘西部から国東半島沿岸域に多く，灘中央部から灘東部に少なかった。主な出現種としてはHarpacticoidsが出現個体数の80—90%以上を占めていた。

4. 小括

周防灘全域の線虫類，多毛類，底生かい脚類の季節別出現個体数を Fig. 11 に示した。これによると，線虫類，多毛類，底生かい脚類は，いずれも季節による出現個体数の変化がみられ，特に秋季に出現個体数が最も多く，夏季に少なかった。線虫類では，春季，夏季，冬季の出現個体数は同じであったが，多毛類，底生かい脚類は春季から夏季に出現個体数の減少がみられた。なお，出現個体数の多い秋季と少ない夏季とでは，線虫類，多毛類，底生かい脚類でそれぞれ約5倍，4倍，3倍の差が認められた。

また，周防灘を Fig. 12 のように地理的に東部，北部，中央部，南部，西部の5海域に区分し，各海域における線虫類，多毛類，底生かい脚類の出現個体数を Fig. 13 に示した。これによると，線虫類の出現個体数は，東部，北部に多く，西部，南部に少なかった。多毛類は，東部に最も多く，南部，西部，中央部に少なかった。底生かい脚類は，南部，西部に多く，中央部に

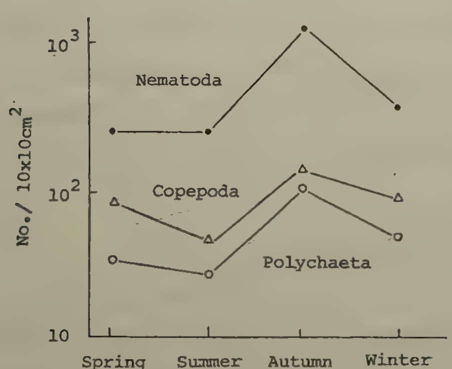


Fig. 11. Seasonal changes of meio-benthos density in Suo-nada.

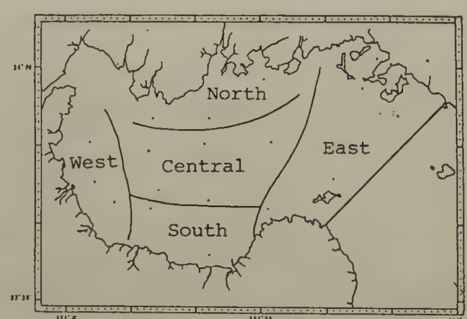


Fig. 12. Five geographical areas in Suo-nada.

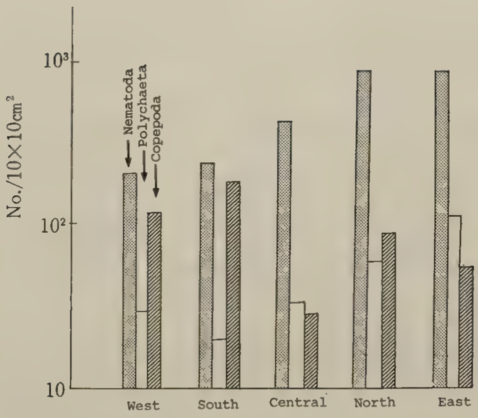


Fig. 13. Average density of meiobenthos in five areas in Suo-nada.

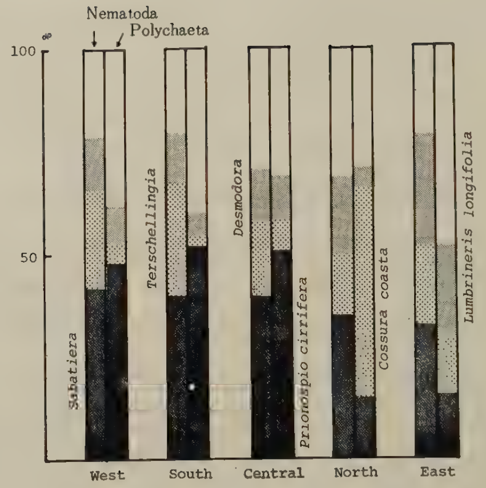


Fig. 14. Occurrence of important genera (nematoda) and species (polychaeta) in five areas in Suo-nada.

少なかった。また，これら各海域における出現個体数の季節変化は，いずれの海域も線虫類，多毛類，底生かい脚類の各類とも秋季に増加し，夏季に減少した。

次に線虫類，多毛類の主な出現種の海域別平均組成を Fig. 14 に示した。これによると，線虫類では，*Sabatiera* 属が全域に33—42%と最も多く出現し，*Terschellingia* 属が西部に，*Desmodora* 属が東部及び北部に多く出現していた。

多毛類では，*Prionospio cirrifera* が中央部，南部，西部に50%と多く出現しており，東部，北部には少なかった。*Cossura coasta* は北部，東部に多く，*Lumbrineris longilia* は東部に多く出現していた。

以上のことから，周防灘におけるメイオベントスの出現分布は，季節的には秋季に出現個体数が多く，夏季に少なかった。また海域的には，東部から北部に多く，中央部，南部，西部には少なかった。さらに，メイオベントスの線虫類，多毛類，底生かい脚類の主な出現種の分布は，線虫類では，*Sabatiera* 属が全域に，*Terschellingia* 属が西部から中央部に，*Desmodora* 属が北部から東部にそれぞれ多く出現していた。多毛類では，*Prionospio cirrifera* が中央部から西部に，*Cossura coasta* は北部に，*Lumbrineris longifolia* は東部に多く出現していた。底生かい脚類では，Harpacticoids が全域に多く出現していた。これらの結果から，メイオベントスの出現分布は，季節とともに，水深や底質などの海域環境により，大きく変動していることが明らかになった。

IV　メイオベントスの分布と底質

周防灘におけるメイオベントス各類の分布及び出現個体数は，海域，季節により大きく変動している実態が前章で明らかになった。このような変動は，メイオベントス各類の分布と出現個体数に季節的な影響があるとともに，底質環境によってそれらが影響を受けているためと考えられ

る。ここでは，メイオベントスの線虫類，多毛類，底生かい脚類の分布，出現個体数と水深及び含泥率等との関係を検討した。

1. メイオベントスと水深

メイオベントスの分布と水深との関係を明らかにするため，まず季節別にメイオベントス各類の平均出現個体数と水深との関係を求め Fig. 15 に示した。これによると，春季では，線虫類はすべての水深帯で10×10cm²当り100個体以上の出現が見られるが，水深との関連性はみられなかった。多毛類は，水深30—40mの範囲で10個体程度と出現個体が最も少なく，底生かい脚類は，多毛類と同じく水深30—40mで10個体以下と少なかった。

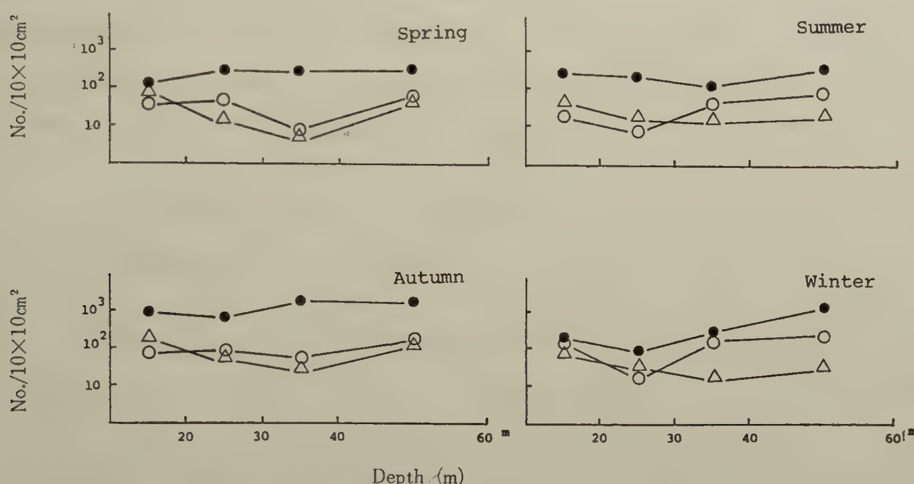


Fig. 15. Relation between meiobenthos density and depth in four seasons.
● Nematoda ○ Polychaeta △ Copepoda

夏季では，線虫類は水深30—40mで出現個体数が10×10cm²当り150個体と最も少なかった。多毛類は，20—30mで8個体と少なく，底生かい脚類は水深20m以浅で64個体と多く，20m以深では変わらなかった。

秋季では，線虫類は水深30—40mで出現個体数が10×10cm²当り2,600個体と多かった。多毛類は，30—40m以浅では出現個体数は変わらないが，30—40m以深では270個体と多く，底生かい脚類は30—40mで少なく40個体であった。

冬季では，線虫類は水深20—30mで出現個体数が10×10cm²当り120個体と最も少なかった。多毛類は，線虫類と同じように20—30mで20個体と少なく，底生かい脚類は30—40mで25個体と少なく，30—40m以深では変わらなかった。

以上のように，線虫類では夏季に水深30—40mで，冬季に20—30mで出現個体数が少なく，他の季節はいずれも水深が深くなると個体数の増加が認められた。多毛類は，春季に水深30—40mで，夏季，冬季は20—30mで出現個体数が少なかった。底生かい脚類では，季節に関係なく30—40mで出現個体数が少ないことが認められた。

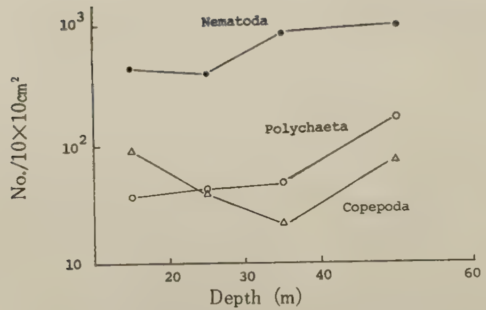


Fig. 16. Relation between annual mean density of meiobenthos and depth.

次にこれらメイオベントスの年平均体数と水深との関係を求め Fig. 16 に示した。これによると線虫類は，水深30—40m以深で出現個体が多く，また多毛類は40—60mで多く出現していた。底生かい脚類は，水深30—40mで出現個体数が少ないことが明らかになった。

2. メイオベントスと含泥率

メイオベントスの分布と含泥率との関係を明らかにするため，まず季節別にメイオベントス各類の平均出現個体数と含泥率との関係を求め Fig. 17 に示した。これによると，春季では，線虫類は含泥率の違いによる出現個体数の変動はみられなかった。多毛類は，含泥率50—75%で出現個体数が 10×10cm² 当り12個体と最も少なかった。底生かい脚類は，多毛類と同じく含泥率50—75%で出現個体数が最も少なく12個体であった。

夏季では，線虫類は含泥率50—75%で出現個体数が10×10cm²当り100個体と少なかった。多毛類は，含泥率が高くなるに従って少なくなり，75—100%で最も少なく10個体であった。底生かい脚類は，50—75%で少なく 4 個体であった。

秋季では，線虫類は含泥率50—75%以上で出現個体数が少なくなり，75—100%で10×10cm²当り740個体と最も少なかった。多毛類は含泥率が高くなるに従って少なくなり，75—100%で70個体であった。底生かい脚類は，25—50%で少なく80個体であった。

冬季では，線虫類は含泥率が高くなるに従って出現個体数が少なくなり，75—100%で10×10

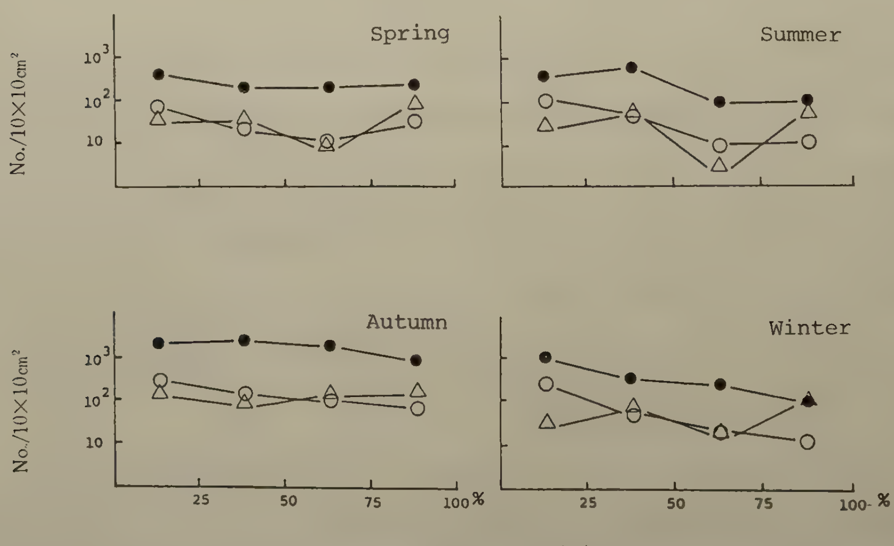


Fig. 17. Relation between meiobenthos density and mud-content in four seasons.
● Nematoda　○ Polychaeta　△ Copepoda

cm²当り130個体と最も少なかった。多毛類は，線虫類と同じように含泥率が高くなるに従って少なくなり，75—100%で最も少なく18個体であった。底生かい脚類は，50—75%で最も少なく18個体であった。

以上のように，線虫類では春季を除き，含泥率が高くなるに従って出現個体数が減少した。多毛類では，線虫類と同じように春季を除き，含泥率が高くなるに従って出現個体数が減少した。底生かい脚類は，各季節とも含泥率75—100%で出現個体数が多く，また秋季を除き含泥率が50—75%で少ないことが認められた。

次に，これらメイオベントスの年平均出現個体数と含泥率との関係を求め Fig. 18 に示した。これによると，線虫類は含泥率が高くなるに従って出現個体数が減少し，また多毛類は，線虫類と同じように含泥率が高くなるに従って出現個体数が減少した。底生かい脚類は，含泥率50—75%で出現個体数が最も少ないことが明らかになった。

また，同じ水深帯でのメイオベントス３類の出現個体数と含泥率との関係は，Fig. 19 に示す

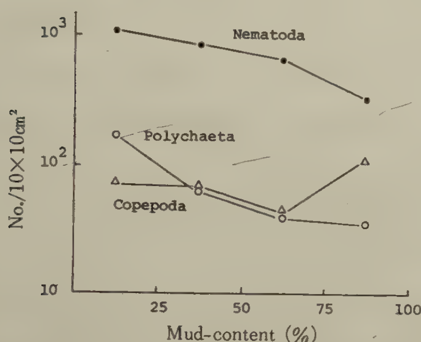


Fig. 18. Relation between annual mean density of meiobenthos and mud-content.

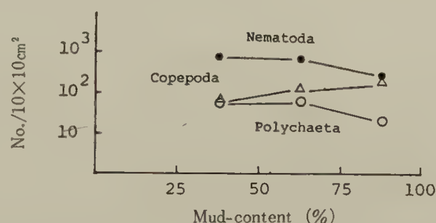


Fig. 19. Relation between meiobenthos density and mud-content at 10–20m layer.

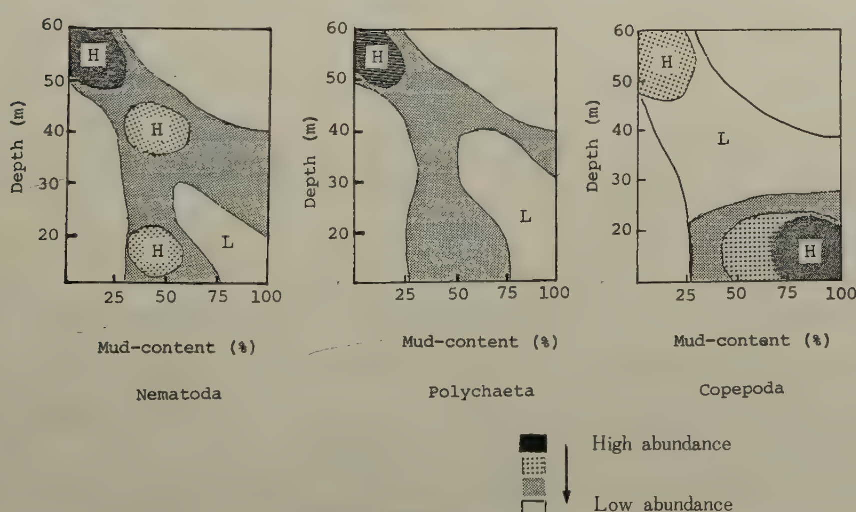


Fig. 20. Distribution of meiobenthos abundance by depth and mud-content.

ように水深10—20mでは線虫類は含泥率が高くなると出現個体数が少なくなった。多毛類は，線虫類と同じく含泥率が高くなると出現個体数が減少した。これに反して底生かい脚類は，含泥率が高くなると出現個体数の増加が認められた。このことから，水深が10—20mの海域ではメイオベントスの分布が含泥率によって影響を受けていることが明らかになった。

これらの結果に基づいて，メイオベントスの分布と水深及び含泥率との関係をFig. 20に示した。これによると，線虫類では出現個体数は水深よりもむしろ含泥率と関係の深いことが，多毛類では水深，含泥率の両方に関係の深いことが推察された。また底生かい脚類では特に関係は認められなかった。

3.　含泥率と底質との関係

ベントスの生息環境として，比較的重要と考えられる底質の化学的性状と底質の含泥率との関係を検討した。調査は，1982年7月及び1982年9月に周防灘全域の18点において，強熱減量(IL)，全炭素量（T-C），全窒素量（T-N）及び含泥率を測定し，含泥率との関係をFig. 21に示した。これによると，強熱減量（IL）は含泥率75%付近までゆるやかに増加し，75%以上で急激に増加した。また，全炭素量（T-C），全窒素量（T-N）のいずれも含泥率75%付近までゆるやかに増加し，75%以上で急激に増加していた。したがって周防灘における強熱減量（IL），全炭素量（T-C），全窒素量（T-N）は，いずれも含泥率と密接な関係を示していることが明らかになった。このことから，周防灘におけるこれら底質の化学的性状は，含泥率で代表させることができた。

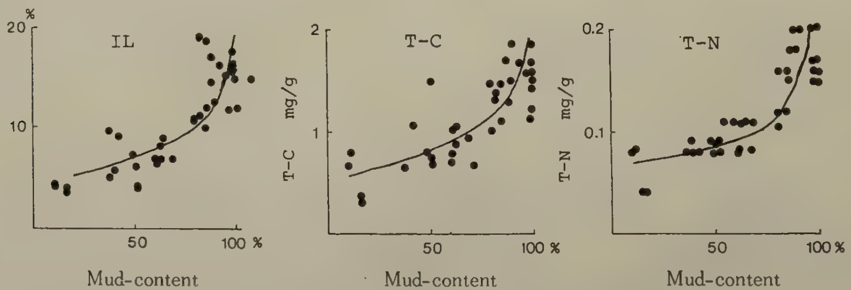


Fig. 21.　Relation between mud-content and ignition-loss (IL), total-carbon (T-C), total-nitrogen (T-N)

4.　含泥率と線虫類食住タイプとの関係

底質の性状とメイオベントスの出現個体数分布に関しては，底質の含泥率と線虫類，多毛類，底生かい脚類の出現個体数とについて前述のように明らかになった。さらに，メイオベントスの中で最も出現個体数の多かった線虫類について，その食性タイプによる分布と含泥率との関係を検討した。調査は，1980年から1982年にかけ周防灘及び周防灘の二次湾である山口湾で行い，含泥率と食性タイプ別の出現個体数の割合をFig. 22に示した。なお，線虫類の食性タイプは，Wieser（1959）に従い線虫類の口器の形態から，選択性堆積物食性種（1—A），非選択性堆積

物食性種（1—B），表在性食性種（2—A），捕食性及び雑食性食性種（2—B）の4タイプに区分した。これによると，周防灘，山口湾のいずれも含泥率が50%以上の海域では堆積物食種が出現個体数の80%以上を占めており，含泥率50%以下の海域では，堆積物食種の割合が50—70%に減少し，逆に表在性食種及び捕食性食種の割合が増加していることが明らかになった。

このような食性タイプによる分布と含泥率との関係について，JUARIO（1975），SHIRAYAMA（1984），鬼頭（1984）が指摘しているように，食性タイプの分布は底質のいくつかの要因が関連していると考えられるが，本調査海域でも，含泥率と線虫類の食性タイプとの間に深い関係のあることが認められた。

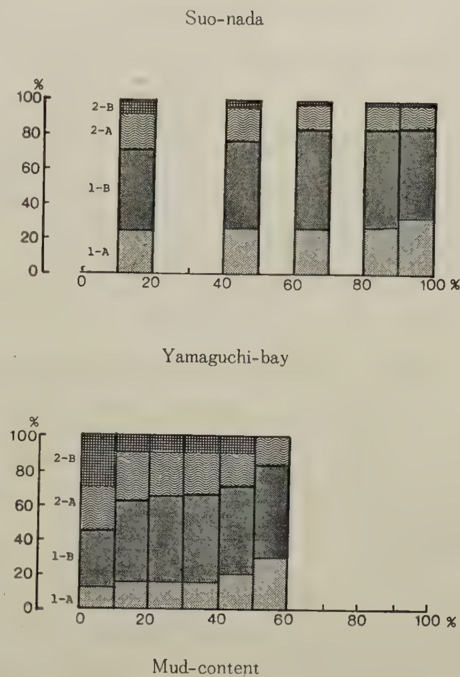


Fig. 22. Relations between mud-content and feeding-type of nematoda.
1–A, selective deposit feeders
1–B, non-selective deposit feeders
2–A, epigrowth feeders
2–B, predators/omnivores

5. メイオベントスと溶存酸素量との関係

富栄養化が著しく進行した内湾や停滞域においては，夏季に水温の上昇に伴い成層が形成され，底質付近では貧酸素状況を呈し，このような環境に生息するベントスは貧酸素の影響を受けていると考えられるが，本調査海域の周防灘では，調査期間中に貧酸素海域が出現しなかった。

6. 小括

以上の結果から，メイオベントスの出現分布と水深，底質等との関係についてまとめると，水深との関係では，線虫類は夏季と冬季に水深30—40m及び20—30mで出現個体数が少なく，他の季節では水深が増すに従って，出現個体数も増加した。多毛類は，春季に30—40m，夏季，冬季に20—30mで出現個体数が少なかったが，他の季節では水深が増すに従って，出現個体数も増加した。底生かい脚類は，季節に関係なく30—40mで出現個体数が少なかった。

次に，底質として扱った含泥率との関係では，線虫類は，季節にかかわらず含泥率が高くなるに従って，出現個体数が減少した。多毛類は，春季を除き含泥率が高くなるに従って，出現個体数が減少した。底生かい脚類は，各季節とも含泥率50—75%で出現個体数が少なく75%以上で多かった。また，水深10—20mでは，線虫類と多毛類は含泥率が高くなるに従って，出現個体数が減少し，これに反して底生かい脚類では増加することが認められた。このことから，浅い沿岸域では，メイオベントスの出現個体数は水深より含泥率に強く影響されていることが明らかになっ

た。なお，含泥率と線虫類の食性タイプによる分布とは深い関係を示した。溶存酸素量とメイオベントスの分布との関係については，今回周防灘では貧酸素水域の形成がなく，これによる影響は論じられなかった。

このように，メイオベントスの分布は，主として水深及び底質によって影響を受けており，特に含泥率によって代表される底質と密接な関連性のあることが明らかになった。

V　メイオベントスと漁場環境との関係

1.　メイオベントス各類の出現順位と底質及び海域区分

メイオベントス各類の出現分布は，水深，底質及び季節変化と密接な関係のあることを前章で明らかにした。ここでは，メイオベントスの線虫類，多毛類，底生かい脚類の3類について現存量の出現順位を用い，漁場としての特性を明らかにすることを目的として研究を行った。まず周防灘におけるメイオベントス3類のうち，各調査点で1位と2位の出現順位によってType分けを行いその Type の地点の出現割合別に季節別割合を Table 4 に示した。これによると，出現順位によって，1. 多毛類—線虫類，2. 多毛類—底生かい脚類，3. 線虫類—多毛類，4. 底生かい脚類—多毛類，5. 底生かい脚類—線虫類，6. 線虫類—底生かい脚類，の6型に区分出来る。これら6型の周年の出現割合は，多毛類—線虫類型が57.7%で最も多く，次いで多毛類—底生かい脚類型，線虫類—多毛類型，底生かい脚類—多毛類型，底生かい脚類—線虫類型が2.8%で少なかった。なお線虫類—底生かい脚類型は出現しなかった。

Table 4. Seasonal change in percent frequency of various types of meiobenthos compsition.

Type	Mean (%)	Spring (%)	Summer (%)	Autumn (%)	Winter (%)
Polychaeta-Nematoda	57.7	52.9	52.9	64.7	64.7
Polychaeta-Copepoda	22.5	35.3	23.5	11.8	17.6
Nematoda-Polychaeta	9.9	5.9	5.9	17.6	11.8
Copepoda-Polychaeta	7.0	5.9	17.6	0	0
Copepoda-Nematoda	2.8	0	0	5.9	5.9
Nematoda-Copepoda	0	0	0	0	0

季節別には，春季は，多毛類—線虫類型が52.9%で最も出現割合が多く，多毛類—底生かい脚類型が次いで多く，線虫類—多毛類型，底生かい脚類—多毛類型がそれぞれ5.9%と少なかった。夏季は，多毛類—底生かい脚類型が23.5%と減少し，逆に底生かい脚類—多毛類型が増加した。秋季は，多毛類—底生かい脚類型がさらに減少し，線虫類—多毛類型が増加した。冬季は，多毛類—底生かい脂類型が17.6%とやや増加し，線虫類—多毛類型が減少した。本調査海域の周防灘では，多毛類—線虫類型が周年に亘って最も多く，特に秋季，冬季に多かった。次いで多毛類—底生かい脚類型が多いが，秋季，冬季に減少した。一方，線虫類—多毛類型は春季，夏季に少なく，秋季，冬季に多かった。また，底生かい脚類—多毛類型は春季，夏季に，底生かい脚類—線

虫類型は秋季，冬季にわずかにみられた。このように，季節によって多少の変化はあるが，これらは，多毛類，線虫類が主体の多毛類—線虫類型，線虫類—多毛類型及び多毛類，底生かい脚類が主体の多毛類—底生かい脚類型，底生かい脚類—多毛・線虫類型の４型にまとめることができる。この４型別に，それぞれの型のみられた調査点及びその主要種の平均組成，平均現存量を Fig. 23 に示した。これによると，多毛類—線虫類がみられた調査点は，Fig. 7 の St. 1, 2, 3, 6, 7, 9 であり，また，主要種の平均組成は，線虫類では，*Sabatiera* 属34%，*Terschellingia* 属13%，*Desmodora* 属17%を占め，多毛類では *Prionospio cirrifera* 22%，*Cossura coasta* 24%，*Lumbrineris longifolia* 16%，底生かい脚類型では Harpacticoids が90%を占めた。線虫類—多毛類型のみられた調査点は，St. 4, 5, 8 であり，主要種の平均組成は，線虫類では，*Sabatiera* 属37%，*Terschellingia* 属18%，*Desmodora* 属15%を占め，多毛類では，*Prionospio cirrifera* 23%，*Cossura coasta* 25%，*Lumbrineris longifolia* 16%，底生かい脚類では Harpacticoids が93%を占めた。多毛類—底生かい脚類型のみられた調査点は，St. 10, 11, 14, 16 であり，主要種の平均組成は，線虫類では，*Sabatiera* 属44%，*Terschellinga* 属16%，*Desmodora* 属13%を占め，多毛類では *Prionospio cirrifera* 51%，*Cossura coasta* 5%，*Lumbrineris longifolia* 10%，底生かい脚類では Harpacticoids が88%を占めた。底生かい脚類—多毛・線虫類型のみられた調査点は，St. 12, 13, 15, 17 であり，主要種の平均組成は，線虫類では，*Sabatiera* 属38%，*Terschellingia* 属17%，*Desmodora* 属16%を占め，多毛類では *Prionospio cirrifera* 45%，

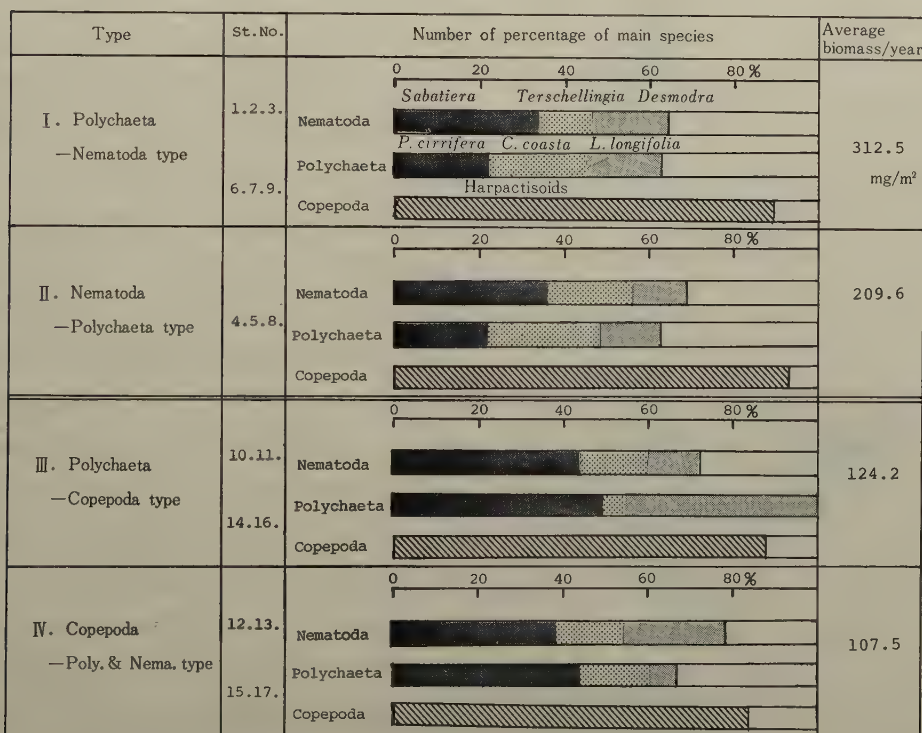


Fig. 23. Main species and biomass of four types of meiobenthos.

Cossura coasta 15%，*Lumbrineris longifolia* 6%，底生かい脚類では Harpacticoids が86%を占めた。線虫類のうち最も多くみられる *Sabatiera* 属の線虫類全体に占める比率は多毛類一線虫類型と線虫類一多毛類型では約35%，多毛類一底生かい脚類型と底生かい脚類一多毛・線虫類型では約40%であった。

多毛類のうち多く見られる *Prionospio cirrifera*, *Cossura coasta* および *Lumbrineris longifolia* の多毛類全体に占める比率は多毛類一線虫類型，線虫類一多毛類型では，それぞれ約23%，約25%および約16%であり，多毛類一底生かい脚類型，底生かい脚類型一多毛・線虫類型ではそれぞれ約48%，約10%，約8%であった。

底生かい脚類は，各型とも Harpactioids が約90%で出現傾向は変らなかった。

このように，多毛類一線虫類型，線虫類一多毛類型，多毛類一底生かい脚類型，底生かい脚類一多毛・線虫類型の各型は，線虫類，多毛類の主要種の出現組成が異なっていた。また，各型の年平均現存量は，1 m²当り多毛類一線虫類型が312.5mg，線虫類一多毛類型が209.6mg，多毛類一底生かい脚類型が124.2mg，底生かい脚類一多毛・線虫類型が101.4mg と各型で明らかな差が認められた。多毛類一線虫類型をⅠ型，線虫類一多毛類型をⅡ型，多毛類一底生かい脚類型をⅢ型，底生かい脚類一多毛・線虫類型をⅣ型とする。

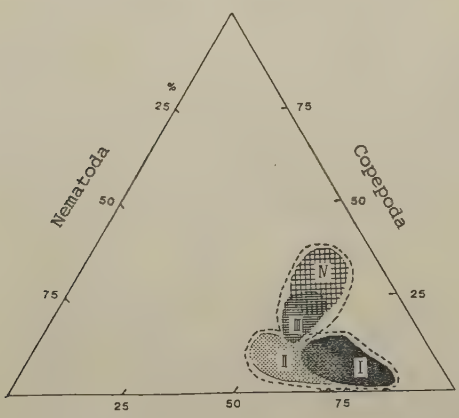


Fig. 24. Proportion of biomass of Nematoda, Polychaeta and Copepoda of meiobenthos in Suo-nada.
Ⅰ Polychaeta-Nematoda type
Ⅱ Nematoda-Polychaeta type
Ⅲ Polychaeta-Copepooda type
Ⅳ Copepoda-Poly. & Nematoda type

次に，各型のみられた調査点について，メイオベントスの現存量に対する線虫類，多毛類，底生かい脚類の出現割合を Fig. 24 の三角図表に示した。これによると，Ⅰ—Ⅳの4型は，Ⅰ，Ⅱ，型が多毛類50—80%，線虫類15—35%，底生かい脚類0—15%の同じグループとしてまとめることができた。また，Ⅲ，Ⅳ型は多毛類50—60%，線虫類8—30%，底生かい脚類15—35%の同じグループに類別することができた。すなわち，Ⅰ，Ⅱ型は多毛類一線虫類型グループ，Ⅲ，Ⅳ型は多毛類一底生かい脚類型グループである。これら2つのグループのみられる海域は，Fig. 25 に示すように，周防灘東部の国東半島から周防灘北部の宇部を結ぶ線より東側の海域が多毛類一線虫類型海域であり，この西側は多毛類一底生かい脚類海域となっている。この両海域の水深，底質を比べると，多毛類一線虫類

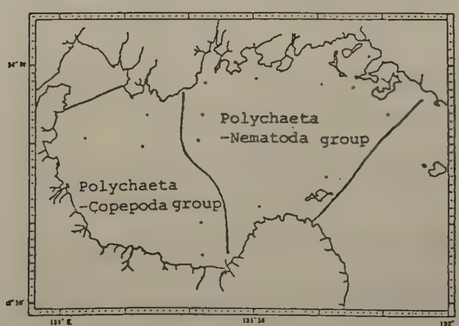


Fig. 25. Subdivision of Suo-nada defined by two qroups.

型海域では，水深が灘北部の沿岸域から灘東部の50m以上と水深幅が大きい。また底質は，含泥率の低い砂泥域が中心で粗く，強熱減量，全炭素量，全窒素量とも低い海域であった。

一方，多毛類—底生かい脚類型海域は水深が25m以浅と浅く，底質は含泥率の高い泥底域が中心で，強熱減量，全炭素量，全窒素量とも高い海域であった。

2. 底魚漁場

周防灘における底魚類の漁場は，Fig. 26 に示すように，灘西部の福岡県側漁場は水深が浅く10—15mで，大分県，山口県側で10—20m，灘東部の山口県側，大分県国東半島沖合で40—50mと深くなっている。また，周防灘の水深別の海域面積は，10—20m以浅が全体の60％近くを占めており，灘西部が浅く，灘東部から灘中央部にかけて深くなっている。

底質は，灘東部から灘北部にかけ含泥率の低い砂泥底であり，一部姫島周辺では礫底である。また，灘西部から灘中央部は含泥率の高い泥底が広がっている。

底層での流れは，灘東部から灘中央部の深みに沿って流れが速く，灘西部の浅い海域では流れはゆるやかである。

次に，周防灘における小型底びき網による底魚類の漁業実態は，水産庁瀬戸内海漁業資源調査資料に基づいて検討を加え，小型底びき網漁場を Fig. 27 に示した。周防灘の小型底びき網漁業は，張竹漁業と桁網漁業が主であり，いずれも周防灘全域で操業しており，その漁期は張竹漁業が周年，桁網漁業が11月から４月に操業を行っている。また，周防灘における底魚類漁獲量は，5′メッシュの漁場区画別に1978—1983年の５年間の単位面積（km²）当り漁獲量（kg）を Fig. 28 に示した。これによると，周防灘における底魚類は，灘全域で漁獲されているが，一般に灘東部に多く，灘西部に少ない。特に灘東部の水深30—40mの砂泥底海域に１km² 当り

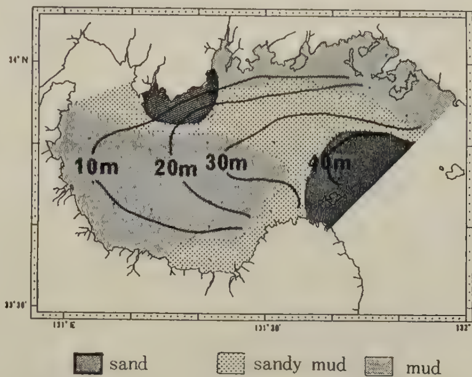


Fig. 26. Depth and bottom sediments in Suo-nada.



Fig. 27. Map showing the fishery ground of small-type trawl in Suo-nada.
—— Haritake　—┴— Ishiketa
┴ ┴ Kaiketa

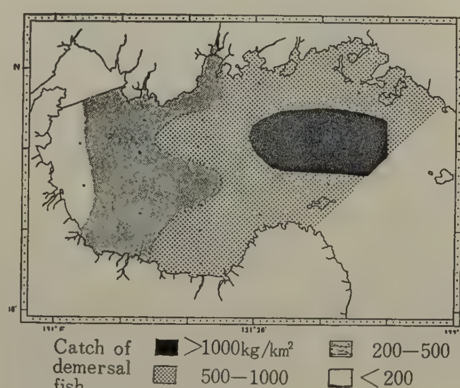


Fig. 28. Annual mean catch of demersal fish obtained by small-type trawl.

1,000kg以上と漁獲が多く，灘西部の水深10m以浅の泥底海域では少ない。

3. メイオベントスと漁場との関係

前節で述べた底魚漁場とメイオベントスの分布との関係について生態的に底質及びベントスと関係の深い異体類のうち，周防灘で漁獲の多いウシノシタ類，メイタガレイ及びマコガレイを選んで検討を行った。

先ず，ウシノシタ類について，その季節別漁獲量分布とメイオベントスによる海域区分をFig. 29に示した。これによると，ウシノシタ類は周年を通じて，周防灘全域で漁獲されているが，主として周防灘東部の多毛類—線虫類型海域で漁獲されており，特に秋季から冬季にかけて 1 km^{2}当り100kg以上の漁獲を揚げている。一方，周防灘西部の多毛類—底生かい脚類型の海域では，いずれの季節も 1 km^{2}当り20kg以下と少ない。

さらに両海域でのメイオベントス現存量とウシノシタ類の漁獲量との関係をFig. 30に示した。これによると，周防灘東部の多毛類—線虫類型海域で漁獲量の最も多い秋季にメイオベントス現存量が 1 m^{2}当り367.8mgと最も大きく，ウシノシタ類の漁獲量も 1 km^{2}当り217kgと多い。夏季は，メイオベントス現存量が11mgと最も小さく，漁獲量も23.5kgと少ない。また周防灘西部の多毛類—底生かい脚類型海域で漁獲量の少ない秋季にメイオベントス現存量が149.4mg，夏季に39.8mgであり，漁獲量はそれぞれ16.1kg，9.2kgであった。

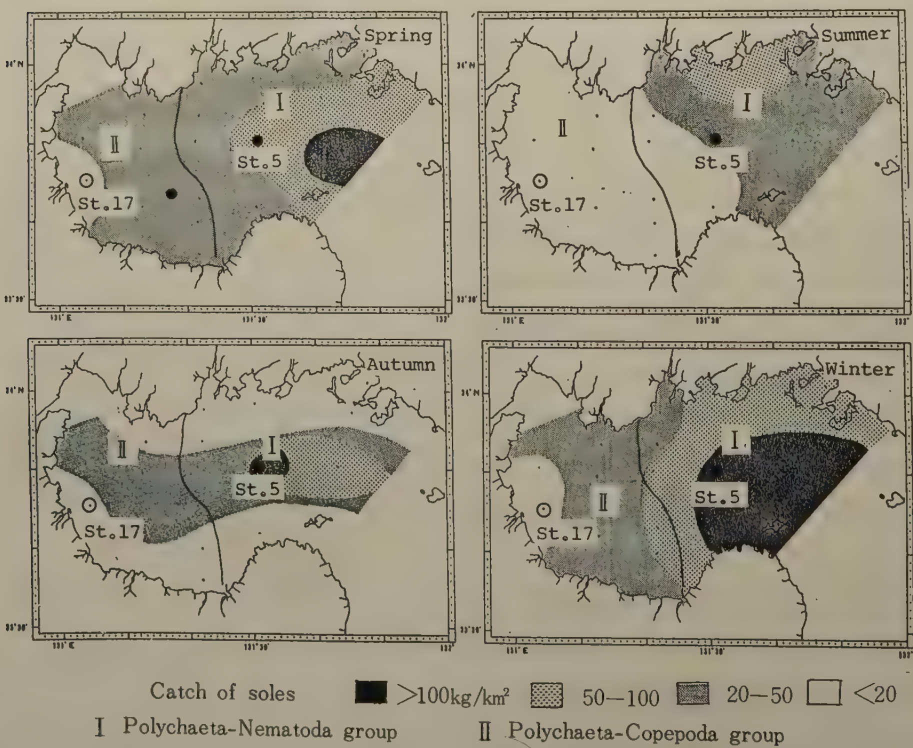


Fig. 29. Catch of soles with reference to meiobentos composition.

これらのことから，多毛類―線虫類型海域では，メイオベントス現存量とウシノシタ類の漁獲量との間には，現存量が大きくなると漁獲量も多くなる関係が認められたが，多毛類―底生かい脚類型海域では，多毛類―線虫類型海域ほど明瞭な関係は認められなかった。

次に，メイタガレイについて，その季節別漁獲量分布とメイオベントスによる海域区分をFig. 31 に示した。これによると，メイタガレイは周年を通じて，多毛類―線虫類型海域で漁獲されているが，多毛類―底生かい脚類型海域では漁獲がほとんどない。また，秋季から冬季にかけて多毛類―線虫類型海域で 1 km² 当り10 kg以上の漁獲を揚げている。

さらに，両海域でのメイオベントスの現存量

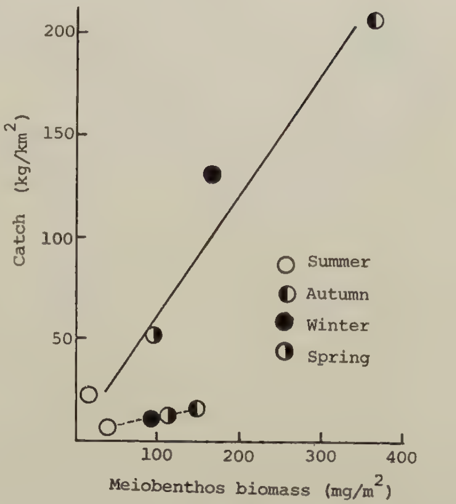


Fig 30. Relation between the catch of soles and biomass of meiobenthos for two different areas groups.

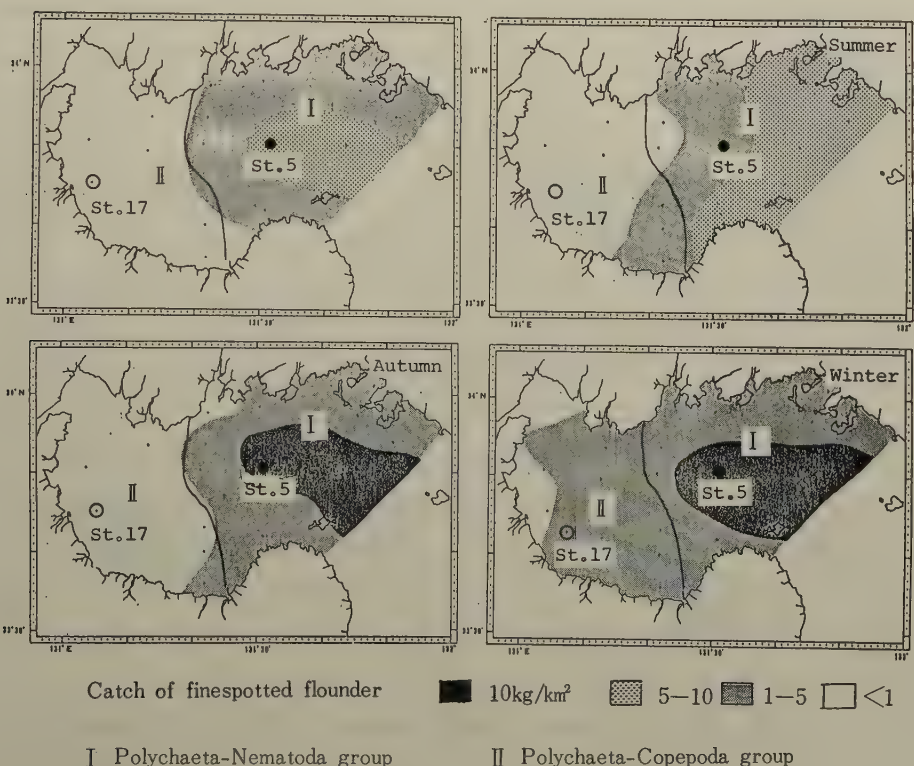


Fig. 31. Catch of finespotted flounder, *Pleuronichtys cornutus*. with reference to meiobenthos composition.

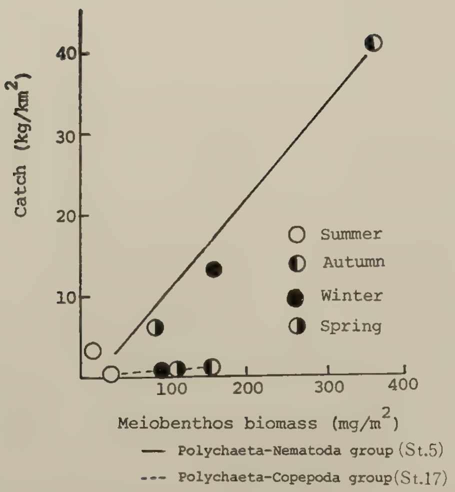


Fig. 32. Relation between the catch of finespotted flounder, *Pleuronichthys cornutus*, and biomass of meiobenthos for two different areas groups.

とメイタガレイの漁獲量との関係を Fig. 32 に示した。これによると，周防灘東部の多毛類—線虫類型海域では，現存量の大きい秋季にメイタガレイの漁獲量も 1 km² 当り 41.7kgと多い。現存量の最も小さい夏季は，漁獲量も 3.8kg と少ない。また，周防灘西部の多毛類—底生かい脚類型海域では，各季節とも漁獲量が 0.5kg 以下と少ない。

これらのことから，多毛類—線虫類型海域では，メイオベントス現存量の大きい秋季，冬季にメイタガレイの漁獲量も多く，現存量の小さい夏季，春季に漁獲量が少なくなることが明らかになった。一方，多毛類—底生かい脚類型海域では，メイオベントスの現存量とメイタガレイの漁獲量との関係はみられなかった。

また，マコガレイについて，その季節別漁獲量分布とメイオベントスによる海域区分を Fig. 33

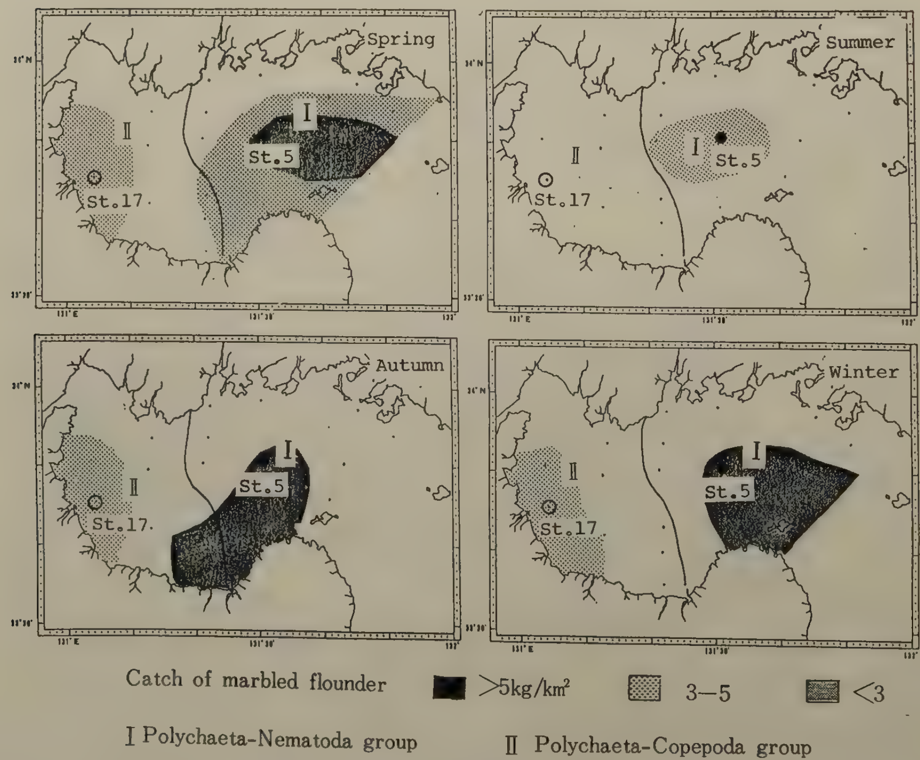


Fig. 33. Catch of marbled flounder, *Limanda yokohamae*. with reference to meiobenthos composition.

に示した。これによるとマコガレイは，春季と冬季に周防灘東部の多毛類—線虫類型海域及び周防灘西部の多毛類—底生かい脚類型海域で 1 km²当り 3—5 kgの漁獲があり，夏季は，灘中央部の多毛類—線虫類型海域で 2 kgの漁獲があり，秋季は灘中央部の多毛類—線虫類型海域及び灘西部の多毛類—底生かい脚類型海域で 3—5 kgの漁獲を揚げている。このようにマコガレイは，夏季を除き，多毛類—線虫類型海域と多毛類—底生かい脚類型海域の両海域で漁獲されているが，漁獲量は多毛類—線虫類型海域に多い。

さらに，両海域でのメイオベントス現存量とマコガレイの漁獲量との関係を Fig. 34 に示した。これによると，多毛類—線虫類型海域では，現存量の大きい秋季に 1 km² 当り9.8kgと多く，現存量の小さい夏季に 2.4kg と少ない。また，多毛類—底生かい脚類型海域では，春季，秋季，冬季に3.0—4.2kgの漁獲があり，夏季は 0.6kgと少ない。

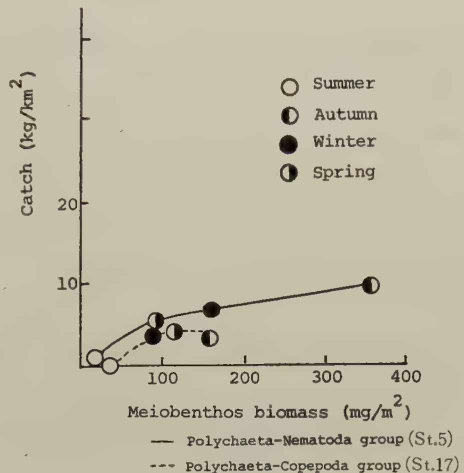


Fig. 34. Relation between the catch of marbled flounder, *Limanda yokohamae*, and biomass of meiobenthos for two different areas groups.

これらのことから，多毛類—線虫類型海域では，メイオベントス現存量とマコガレイの漁獲量との間には，前述のウシノシタ類，メイタガレイなどに比べると明瞭ではないが，現存量が大きくなると漁獲量も多くなることが認められた。一方，多毛類—底生かい脚類型海域ではこれらの関係は認められなかった。以上のことから，メイオベントスによる海域区分と異体類の漁場形成との関係では，多毛類—線虫類型のメイオベントス群集海域は，ウシノシタ類，メイタガレイ，マコガレイのいずれも多毛類—底生かい脚類型の群集海域に比して漁獲量が多く，メイオベントス現存量と漁獲量との間に正の相関を示すことが明らかになった。これに対し，多毛類—底生かい脚類型はメイオベントス現存量と漁獲量との関係は認められなかった。

以上の結果を要約すると，多毛類—線虫類型海域では，多毛類は比較的粗い底質に多いとされる *Cossura coasta* と *Lumbrineris longifolia* が多く出現し，有機汚染の進んだ泥底に多いとされる *Prionospio cirrifera* が少なかった。また，線虫類では，*Sabatiera* 属と含泥率の低い底質に多い *Desmodra* 属の出現が多い。このことは，これらの海域が比較的底質が粗く有機汚染の少ない海域であることを示している。

一方，多毛類—底生かい脚類型海域は，多毛類は *Prionospio cirrifera* が，線虫類では含泥率の高い底質に多く，堆積物食性の *Terschellingia* 属が多く出現していることから，この海域は底質の含泥率が高く有機汚染の進んだ海域といえる。

また，周防灘における小型底びき網漁業の漁獲量は，周防灘東部海域に多く，周防灘西部海域に少なく，これら漁場別漁獲量とメイオベントスの現存量との間には密接な関係が認められ，灘

東部の多毛類—線虫類型海域は，灘西部の多毛類—底生かい脚類型海域に比して漁獲量の多いことが明らかになった。

さらに，これらメイオベントス群集の異なる両海域において，底魚の異体類のウシノシタ類，メイタガレイ，マコガレイの漁獲量は，メイオベントスの多毛類—線虫類型群集の海域に多く，多毛類—底生かい脚類型群集の海域に少ないことを認めた。さらに，メイオベントス現存量とこれら異体類の漁獲量との間にも密接な関係が認められた。

以上総合すると，周防灘におけるメイオベントスは線虫類，多毛類，底生かい脚類型の３類に類別し，これら３類の現存量，水深，底質との間に密接な関係があり，いずれも秋季に多く，夏季に少ないことを認め，とくにメイオベントスが含泥率のような底質を指標することを明らかにした。さらに，これら３類の群集構成を解析し，メイオベントスの線虫類，多毛類，底生かい脚類の出現順位から求めた多毛類—線虫類型海域は，周防灘における底魚類の好漁場であるとともに，その現存量の変動が底魚類とくに異体類の漁獲量の変動とよく対応し，また，多毛類—線虫類型群集の海域が現存量も多く，底魚類のうち異体類の漁獲量とも正の相関があり，メイオベントス群集が底魚漁業生産を指標することを明らかにした。

VI　要　　　約

沿岸浅海域におけるメイオベントスは，最近になって底魚類や他の水産動物の餌として，また，底質環境の指標生物として注目され始めている。このようなメイオベントスを水産的な見地から，底質や底魚漁場での特性を見い出すために，メイオベントスの分布及び底魚類の漁獲量との関係を海域別，魚種別に検討した。その研究結果を要約すると次のとおりである。

1．周防灘におけるメイオベントスは，平均個体数が10×10cm²当り約800個体で，主として線虫類，多毛類，底生かい脚類によって構成されていた。これらメイオベントスの分布は，海底の表層近くに多く，また，泥底に比して砂泥底により深く分布しており，底土表面から５cmの深さで出現個体数の80—90％を占めていた。

2．メイオベントスの出現分布は，季節的には秋季に出現個体数が多く，夏季に少ない。また海域的には，周防灘の東部から北部に多く，中央部，南部，西部に少ない。

メイオベントス主要種の出現割合では，線虫類は *Sabatiera* 属が全域に，*Desmodora* 属が東部に，*Terschellingia* 属が中央部から西部に優占している。多毛類は，*Prionospio cirrifera* が中央部から西部に，*Cossura coasta*, *Lumbrineris longifolia* が北部から東部に優占している。底生かい脚類は Harpacticoids が全域に優占していた。

3．メイオベントスの出現分布と水深との関係は，線虫類では夏季と冬季に水深20—40m域で少ないが，他の季節では水深の増加に伴って多くなる。多毛類では，水深30—40m以深に出現個体数が多い。底生かい脚類では，水深30—40m域で少なく，その上下の水深域で多い。

メイオベントスの出現分布と含泥率との関係は，線虫類ではどの季節においても，含泥率が

高くなるに従って出現個体数が少なくなる。多毛類は春季を除き，含泥率が高くなるに従って少なくなる。底生かい脚類は各季節とも含泥率50—75％で少なく，75％以上で多い。

4. メイオベントス3類の現存量出現順位から周防灘のメイオベントス相は，多毛類—線虫類型，線虫類—多毛類型，多毛類—底生かい脚類型，底生かい脚類—多毛・線虫類型の4型に区分することができる。この4型は，さらに主要出現種の平均組成と平均現存量から多毛類—線虫類型グループと多毛類—底生かい脚類型グループの2つに類型化することができる。

多毛類—線虫類型の海域は，周防灘の東側の底質の粗い砂泥底域に，多毛類—底生かい脚類型の海域は，西側の水深が浅く，底質の細かい泥底域に位置している。

また，多毛類—線虫類型海域における主な主要種は，多毛類では *Cossura coasta*, *Lumbrineris lomgifolia* が，線虫類では *Sabatiera* 属，*Desmodora* 属が優占している。一方，多毛類—底生かい脚類型海域では，多毛類は *Prionospio cirrifera* が，線虫類は *Sabatiera* 属，*Terschellingia* 属が優占している。

多毛類—線虫類型海域の平均現存量は，1 m²当り約280mgと多く，多毛類—底生かい脚類型海域では約120mgと少ない。

5. 周防灘における小型底びき網漁業は，周防灘全域を一様に利用しているが，底魚類の主な漁場の形成は，多毛類—線虫類型海域に多く，多毛類—底生かい脚類型海域に少ない。また底魚のうち異体類のウシノシタ類，メイタガレイ，マコガレイの漁獲量は，多毛類—線虫類型海域で多く，多毛類—底生かい脚類型海域で少ない。さらに多毛類—線虫類型海域ではメイオベントス現存量と漁獲量とがよく対応し，特にウシノシタ類，メイタガレイでは顕著である。これに反し，多毛類—底生かい脚類型海域では現存量と漁獲量との間に関連が認められない。これらのことから，メイオベントス3類の現存量出現順位による海域区分及び現存量は，ウシノシタ類，メイタガレイ，マコガレイなどの異体類の漁場と漁獲量に密接な関係のあることが明らかになった。

参考文献

Bell, S. S., 1979: Short and long term variation in a high marsh meiofauna community. Estuarine. Coast. Mar. Sci., 9: 331–350.

Coull, B. C., 1970: Shallow water meiobenthos of the Bermuda platform. Oecologia, 4: 325–357.

Coull, B. C., G. R. F. Hicks and J. B. J. Wells, 1981: Nematode / copepod ratios for monitoring pollution: A rebuttal. Mar. Pollut. Bull., 12: 378–381.

Dye, A. H., 1981: A study of benthic oxygen consumption on exposed sandy beaches. Estur. Coast Shast Shelf Sci., 13: 671–680.

Gray, J. S., 1971: Sample size and sample frequency in relation to the quantitative sampling of sand meiofauna. In N. C. Hulings, ed. Proceedings of the first international conference on meiofauna. Smithson. Contr. Zool., No. 76: 191–197.

Hulings, N. C. and J. S. Gray, 1971: A manual for the study of meiofauna. Smithson. Contr. Zool., No. 78: 1–83.

ITO, T., 1978: Meiobentohos of a shallow-water sandy bottom in Isikari Bay, Hokkaido: A general account. J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. VI, Zool., 21: 287–294.

JUARIO, J. V., 1975: Nematoda species composition and seasonal fluctuation of a sublittoral meiofauna community in the German Bight. Veroff. Inst. Meeresforsch Bremerh., 15: 283–337.

KIKUCHI, T., 1966: An ecological study on animal community of *Zostera marina* belt in Tomioka Bay, Amakusa, Kyushu. Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab., 1: 1–106.

北森良之介，1963：瀬戸内海とその近接水域の沿岸における底生動物群集の漁場学的研究．内海区水研報告，21：1—90.

KITO, K., 1975: Preliminary report on the phytal animals in the *Sargassum confusum* region in Oshoro Bay, Hokkaido. J. Fac. Sci Hokkaido Univ. Ser. VI, Zool., 20: 141-158.

Kito, K., 1976: Studies on the free–living marine nematodes from Hokkaido, I. Ibid 20: 568–578.

KITO, K., 1977: Studies on the free-living marine nematodes from Hokkaido, II. Proc. Jap. Soc. Syst. Zool., 13: 17–23.

KITO, K., 1978: Studies on the free-living marine nematodes from Hokkaido, III. J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI, Zool., 21, 248–261.

KITO, K., 1981: Studies on the free-living marine nematodes from Hokkaido, IV. Ibid, 22: 250–278.

鬼頭研二，1984：海産自由生活性線虫類の食性型と群集解析．日本ベントス研究会誌，26：23—30.

MARE, M. F., 1942: A study of a marine benthic community, with special reference to the micro-organisms. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 25: 517–574.

正木康昭，伊東弘，1984：瀬戸内海西部海域におけるメイタガレイの系統群．南西水研報告，16：11—51.

MCINTYRE, A. D., 1964: Meiobenthos of sublittoral muds. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 44: 665–674.

MCINTYRE, A. D., 1969: The ecology of marine meiobenthos. Biol. Rev., 44: 245–290.

MCINTYRE, A. D., 1971: Observations on the status of subtidal meiofauna research. In N. C. Hulings, ed. ed. Proceedings of the First International Conference on Meiofauna. Smithson. Contr. Zool. No. 76: 149–154.

MCINTYRE, A. D. and D. J. MURISON, 1973: The meiofauna of a flatfish nursery ground. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 53: 93–118.

宮地伝三郎，1938：大阪湾の底棲群集の定量的研究　第1報．海と空，18：172—184.

宮地伝三郎，1940a：大阪湾の底棲群集の定量的研究　第2報．日本学術協会報告，15：332—334.

宮地伝三郎，1940b: Marine benthic communities of the Osaka-Wan. J. Oceanogr., 12(2): 1–15.

MUKAI, H., 1971: The phytal animals on the thalli of *Sargassum serratifolium* in the *Sargassum* region, with reference to their seasonal fluctuation. Mar. Biol., 8: 170–182.

村上彰男編，1976：瀬戸内海の海域生態と漁場．フジテクノシステム．

RAFFAELLI, D., 1981: Monitoring with meiofauna, A reply to Coull, Hicks and Wells (1981) and additional data. Mar. Pollut. Bull., 12: 381–382.

RAFFAELLI, D. and C. F. MASON, 1981: Pollution monitoring with meiofauna, using the ratio of nematodes to copepods. Mar. Pollut. Bull., 12: 158–163.

REISH, D. J., 1959: A discussion of the importance of the screen size in washing quantitative marine bottom samples. Ecology, 40(20): 307–309.

SHIRAYAMA, Y., 1984a: The abundance of deep sea meiobenthos in the Western Pacific in relation to enviromental factors. Oceanol. Acta. 7(1): 113–121.

SHIRAYA MA, Y., 1984b: Vertical distribution of meiobenthos in the sediment profile in bathyal, abyssal and hadal deep sea systems of the Western Pacific. Ibid, 7(1): 123–129.

SHIRAYAMA, Y. and M. HORIKOSHI, 1982: Vertical distribution of smaller macrobenthos and larger meiobenthos in the sediment profile in the deep-sea system of Suruga Bay (Central Japan). J. Oceanogr. Soc. Japan, 38: 273–280.

SUDZUKI, M., 1976: Microscopical marine animals scarcely known from Japan I, Micro-and meiofaunae around Kasado Island in the Seto Inland Sea of Japan. Prec. Jap. Soc. Syst. Zool,, 12: 5–12.

TEAL, J. M., 1962: Energy flow in the salt marsh ecosystem of Georgia. Ecology, 43: 614–624.

TIETJEN, J. H., 1969: The ecology of shallow water meiofauna in two New England estuaries. Oecologia, 2: 251–291.

TOKIOKA, T., 1949: Record of a Chaetosoma specimen found near Seto. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 1: 69–70.

WARWICK, R. M., 1971: Nematode associations in the Exe estuary. J. Mar. Biol. Ass. U. K.,51: 439–454.

WARWICK, R. M., 1981: The nematoda / copepod ratio and its use in pollution ecology. Mar. Pollut. Bull., 12: 329–333.

WARWICK, R. M. and J. B. BUCHAMAN, 1970: The meiofauna off the Northumberland. I. The structure of the nematode population. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 50: 129–146.

WITTE, J. J. and J. J. ZIJLSTRA, 1984: The meiofauna of a tidal flat in the western part of the Wadden Sea and its role in the benthic ecosystem. Mar. Ecol. Prog. Ser., 14: 129–138.

WIESER, W., 1955: A collection of marine nematodes from Japan. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 4: 159–181.

WIESER, W., 1959: Free-living marine nematodes. IV, General part. Acta Univ. Lund (N. F. 2), 55: 1–111.

WIESER, W., 1960: Benthic studies in Buzzards Bay. II, The meiofauna. Limnol. Oceanogr., 5: 121–137.

WIESER, W. and J. W. KANWISHER, 1961: Ecological and physiological studies on marine nematodes from a small salt marsh near Woods Holl, Massachusetts. Limnol. Oceanogr., 6: 262–270.

山口県，福岡県，大分県，1974：西瀬戸地域漁業調査報告書，1—164.

山西良平，1979：かきまぜ法によるメイオベントス抽出の効率．ベントス研連誌，17/18：52—58.

YOSHIMURA, K., 1980: Free-living marine nematodes from Kii Peninsula, I. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 25–49.

YOSHIMURA, K., 1982: Free-living marine nematodes from Kii Peninsula, II. Ibid, 27: 133–142.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 19, 1985

黒潮蛇行1981について

藤 本 實

On the Characteristics of the Kuroshio Meander 1981

Minoru FUJIMOTO

During August 1981 and September 1984, the comparatively large Kuroshio meander -the Kuroshio Meander 1981- had been existing along the southern coast of Japan and the Kuroshio fluctuated beyond our knowledge obtained through the past observations.

In this study, the characteristics of the Kuroshio Meander 1981 were investigated in view of the two empirical methods which were particularly used concerning to predict the disappearance of the Kuroshio large meander (A type).

The results were that the Kuroshio Meander 1981, as well as the Meander during 1969, could be classified into one of the Kuroshio of quasi-A type reported by Nitani (1975) and that the fluctuation of the Kuroshio during the lasting process of quasi-A type, even if both cases were considerably different in its duration, could be regarded to have the same characteristics as that during the vanishing process of the A type.

The vanishing indication of the quasi-A type might be predicted by the disappearance of the S-shaped axis of the northward flow of the Kuroshio at both south off the Cape Omaezaki and Irozaki.

日本の南岸に沿って流れる黒潮には，時に大きく南に蛇行し，その状態が数年～10数年も持続する現象がみられる。蛇行する黒潮の内側域には大冷水域が形成される。この現象は黒潮大蛇行，その存続期は黒潮大蛇行期と呼ばれて，黒潮とよく比較対象される大西洋西岸のフロリダ海流（湾流）にはみられない特異な現象である。この現象が異常現象とみなされた時代もあったが，岡田（1978）が沿岸潮位変化を1854年までさかのぼって整理し，資料の確かな1895年以降に限っても大蛇行は6回出現しており，継続期間は通算すると30年を越えていることを明らかにしてから，黒潮流軸変動の一つの定常的なパターンとみなされるようになった。

これに対し黒潮大蛇行がみられない期間は大蛇行期に対して非蛇行期または直進期と呼ばれる。現在の黒潮研究はこの二つの対照的な現象別に進められることが多い。

ところで，1975年に始まった黒潮大蛇行が1980年8月に終了してまもない1981年秋から，前回までの蛇行現象と時空間的に異なるタイプの蛇行現象ー黒潮蛇行 1981ーが始まった。この現象は1984年9月に一旦消滅し，黒潮は直進流路（N型流路）をとったが，その後再びかなり大規模な蛇行を示している。この一連の現象は，黒潮変動に関する新しい情報を提供すると同時に，改

1985年6月28日受理，南西海区水産研究所業績第169号，〒739-04 広島県佐伯郡大野町
住所　南西海区水産研究所高知庁舎　〒780 高知市桟橋通り

めて地道な継続した観測及び資料収集の重要性を再認識させた。

今回の蛇行現象については既に何篇か報告がされているが，本報ではこれらと異なる観点，すなわち黒潮蛇行最南端の緯経度変化及び御前埼，石廊埼南沖の黒潮離接岸変動に着目して検討を加えた。

報告作成に際し，細部にわたって検討，ご校閲頂いた木立海洋部長，作図に御苦労頂いた中山美智子氏に感謝の意を表します。

黒潮流路の型

現在までに類型化されている黒潮変動の型についての模式図を Fig. 1 に示した。黒潮大蛇行は1934～1943年，1953～1955年，1959～1962年，1975～1980年の 4 回の出現が海洋観測で確かめられている。黒潮が大蛇行すると，その内側域には遠州灘沖冷水塊あるいはA型冷水塊と呼ばれる大冷水域が形成され，黒潮はその冷水域を大きく迂回するため，その南端が30°N付近に達する。また，大蛇行期に冷水塊迂回後の黒潮北上部が御前埼南沖において一時的にS字状を示す場合があって，As 型流路と呼ばれている（藤本　1978)。

さらに，日本南岸には大蛇行と同じ程度の空間規模を持つが，持続期間が約 3 カ月という蛇行現象も1969年に一回観測され，準大蛇行現象（NITANI　1975）と呼ばれた。

一方，非蛇行期の黒潮は常に直進流路（N型流路）をとるとは限らず，B，C，D型と呼ばれる中・小規模の冷水塊（吉田　1961）をめぐる流路（冷水塊に対応してそれぞれB，C，D型流路と呼ばれる（二谷　1969)）を示し，蛇行は系統的に西から東へB→C→D型へと移行していくことが知られている（藤本　1970)。なお，ここでいうB型とはA型の小規模の現象を指し，その南端は32° N以北にあり，存続期間は 3 ～ 6 カ月とされている。また，C型とは冷水塊が豆南海嶺近傍海域を広く覆い，黒潮がその周囲を迂回，八丈島の南側を流去する経路をとる場合を指

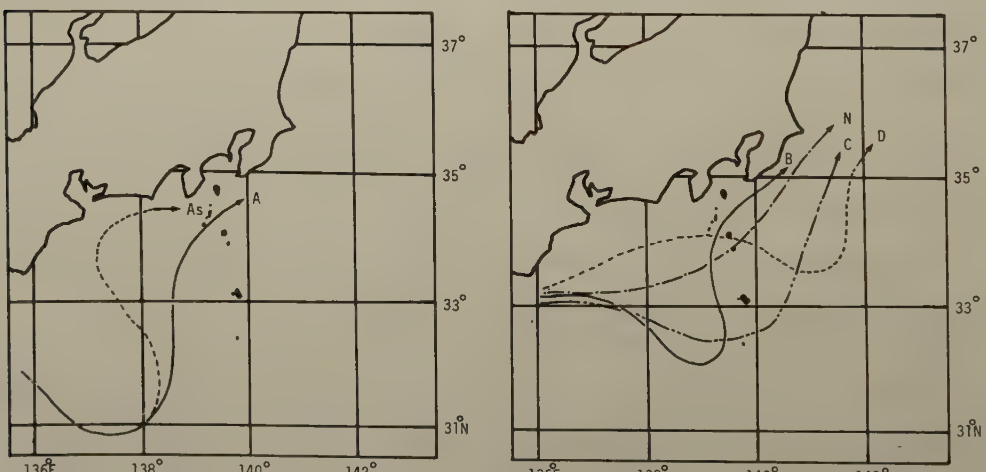


Fig. 1　Schematic representation of the Kuroshio flow patterns.
(left) Period of the Kuroshio with Meander
(right) Period of the Kuroshio with no Meander.

している。さらにD型は冷水塊が房総半島の南東沖に見られる型で寿命は短く1カ月以内である（二谷　1969)。

蛇行の最南端の緯経度変化からみた黒潮蛇行1981

まずここでは1975年8月に大蛇行が発生したおり，著者がこの大蛇行消滅の時期を予測するため，既往の資料整理を行い見出した第一の方法—黒潮最南端緯経度の変化（東海区水産研究所 1976）から黒潮蛇行1981の特徴を調べた。

この方法は黒潮蛇行の最南端の緯経度変化を，過去の黒潮大蛇行期において比較的観測資料の整っている1959～1963年の 200m 水温分布（東海区漁海況月報及び二谷（1976）の未発表資料による）を整理して得られた。その結果を Fig. 2 に示す。Fig. 2 には大蛇行期を含む1959年8月

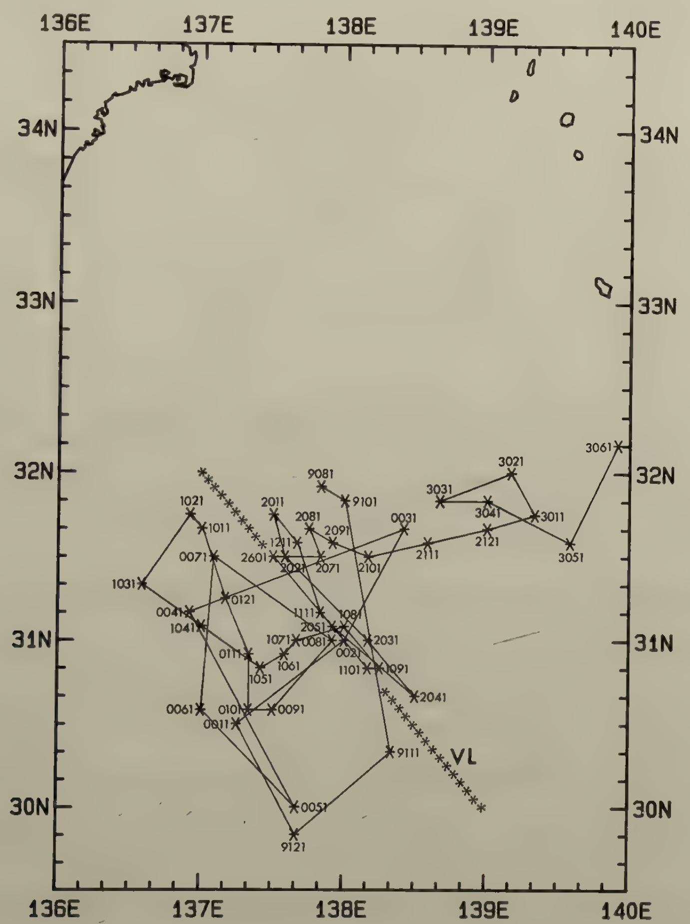


Fig. 2 Fluctuation of the southernmost location of the Kuroshio meander off Enshu-Nada, Aug. 1959 to June 1963. Arabic numerals in the figure indicate the symbolic representation of the date when the data obtained. See in the text.

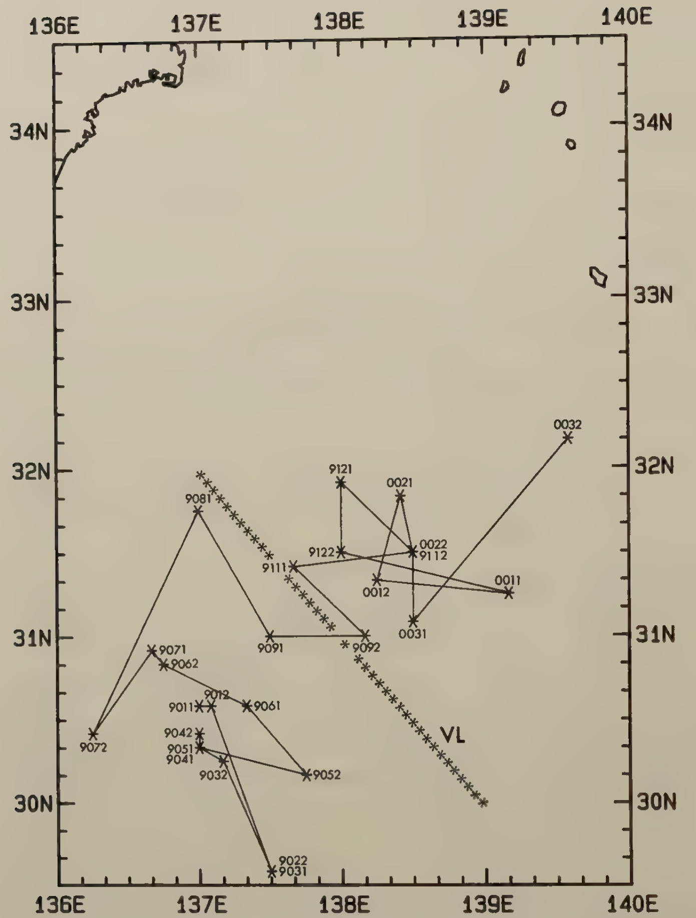


Fig. 3　Fluctuation of the southernmost location of the Kuroshio meander off Enshu-Nada, Jan. 1979 to March 1980.

前半（9081）から1963年６月前半（3061）までの黒潮最南端の緯経度変化を示してある。ここで（9081）及び（3061）の９と３は1959年の９，1963年の３を，08及び06は８月及び６月を，また末尾の数字は月の前半(1)，後半(2)の区別を表わしている。大蛇行発生直後には32°N，138°E付近にあった最南端が，蛇行の遠州灘への定着，南への張り出しと共に急激に南西方向に移動した。その後，最南端は31°N，137°E 付近で変動していたが，大蛇行消滅の約１カ年前の1961年８月前半（1081）から1962年７月前半（2071）の約１年間にわたり，31°30′N．137°30′E 及び 30°30′N　138°30′Eを結んだ線（VLまたはＶラインと呼ばれる）上を変動した後，Ｖラインの北東側に移行，急速に消滅した。すなわち，大蛇行の最南端がＶラインの南西側で移動している場合，大蛇行は継続し，Ｖラインを越えて北東側に移動すれば，大蛇行は消滅過程に入ったと判断するわけである。

まず前回の大蛇行消滅期にあたる1979年１月前半（9011）から1980年３月後半（0032）について適用した例を Fig. 3 に示した。黒潮最南端緯経度資料は海洋速報（海上保安庁水路部）から

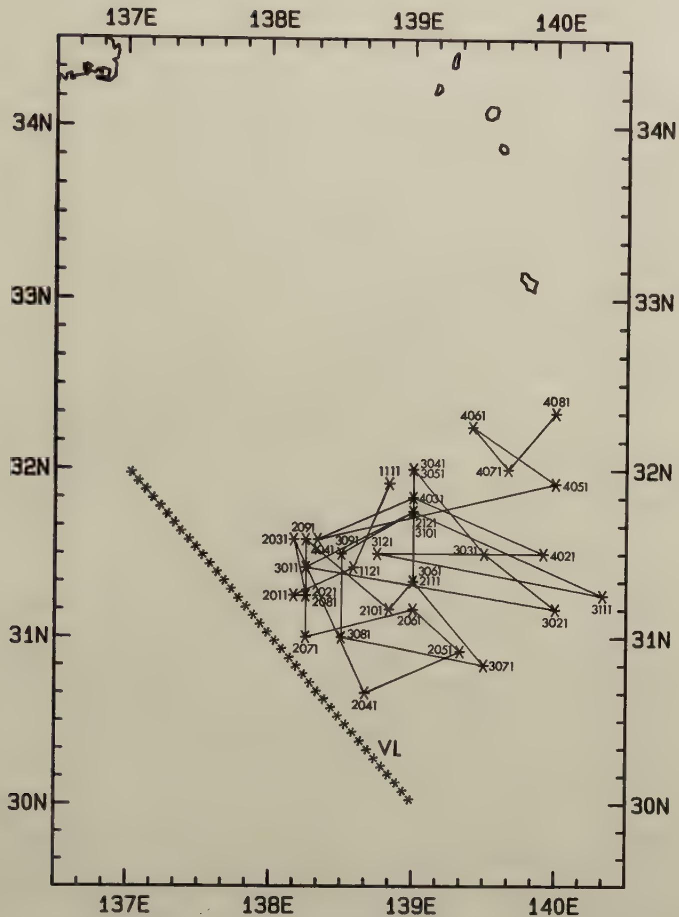


Fig. 4 Fluctuation of the southernmost location of the Kuroshio meander off Enshu-Nada, Nov. 1981 to Aug. 1984.

得たものである。1975年8月以降，継続してVラインの南西側に位置した最南端が（長期漁海況予報　東海区　No. 41～50），1979年9月後半（9092）からVラインの北東側に移動しており，約1年後の1980年8月に大蛇行が消滅したことから，この経験則が予測の根拠として使えることが実証された。

そこで，黒潮蛇行1981について，海洋速報の各月前半の資料を用いて同様の整理をした結果をFig. 4に示した。1981年11月（1111）から消滅時の1984年8月（4081）までの全期間，すなわち2年10カ月にわたって最南端はVラインの北東側で変動し続けたことを示している。二谷(1984)の“しぶとく今まで生き残った”との表現はまさにこの驚異的な長期間にわたる消滅過程を述べている。

次に Nitani (1975) によって報告された準大蛇行について同様に最南端の緯経度変化をみることにする。Fig. 5は準大蛇行期も含めた1969年5月前半（9051）から1970年5月前半（0051）までの最南端位置を海洋速報から求めて図示したものである。九州南東海域の蛇行発生，東方波

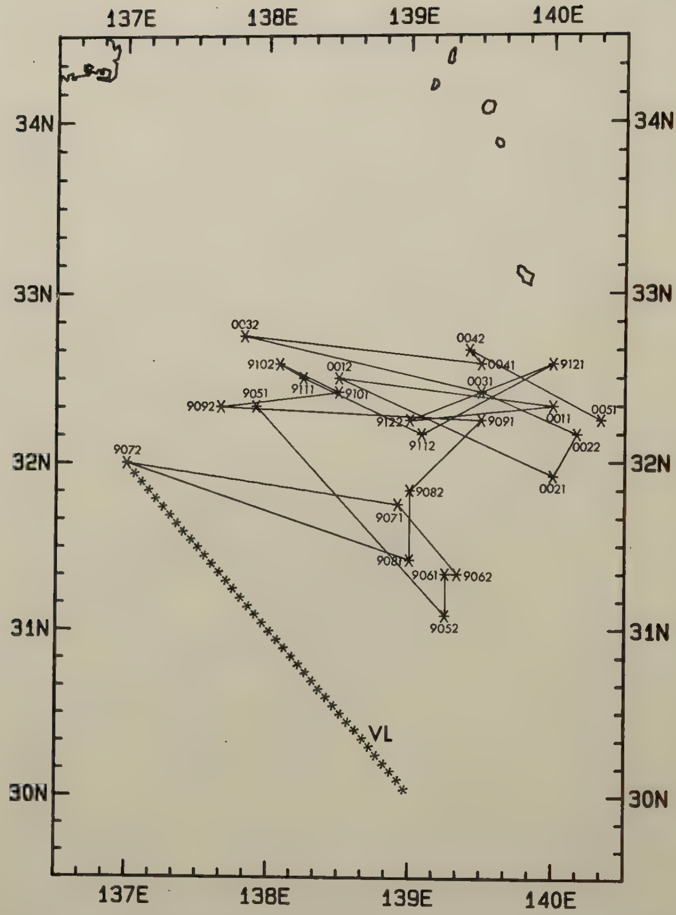


Fig. 5　Fluctuation of the southernmost location of the Kuroshio meander off Enshu-Nada, May 1969 to May 1970.

及によって遠州灘沖では1969年５月後半（9052）から急速な離岸が認められるが，その後の推移をみると，最南端はＶラインよりはるか北東方で移動しており，1969年９月前半（9091）には早くも32°N 以北に移って蛇行は消滅したことがわかる。

1969年の蛇行と1981年以降の蛇行は非常に似かよっており，異なるのは存続期間のみということになる。

御前埼及び石廊埼南沖の黒潮離接岸からの検討

ここでは大蛇行消滅予測に用いた第二の方法によって蛇行1981の特徴を検討する。

Fig. 6 は，日本近海海況図（海上保安庁水路部）から御前埼南及び石廊埼南沖の黒潮離岸距離を1959年６月から1962年10月までプロットしたものである。図中に３点の離岸距離が同じ月に出現するのは，黒潮が冷水塊を迂回した後，北上する流路がＡ型冷水塊の東側でＳ字状に曲がりくねっているため，それぞれの岬沖で３点の離岸距離が求められていることを意味する。藤本

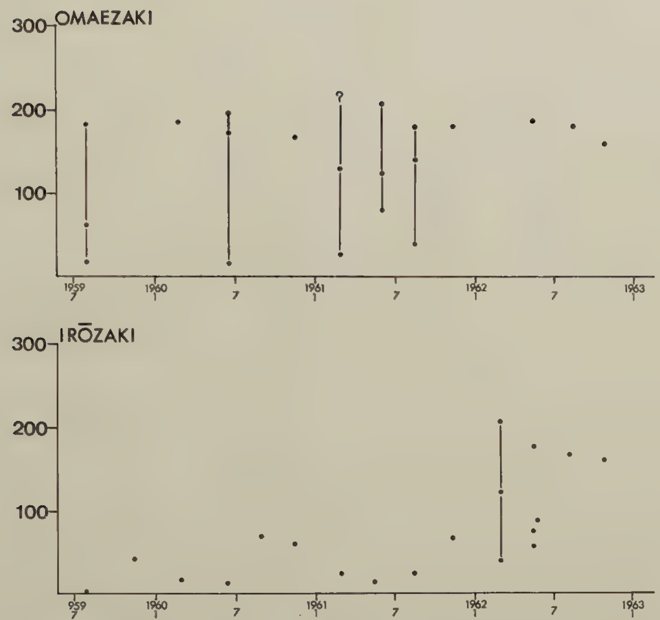


Fig. 6 The position of the Kuroshio by the distance in the nautical mile from the Cape Omaezaki (upper) and Irozaki (lower) during Jul. 1959 and Oct. 1962.

(1978) は，御前埼南沖でS字状流路がみられる場合を As 型流路と呼んだ。この場合，石廊埼南沖で同じ形の流路が出現しても，As 型流路とは呼んでいない。

図から明らかなように，大蛇行存続期間中は御前埼沖で As 型流路が頻繁に観測されるのに対し，石廊埼沖では黒潮が接岸して流れている。ところが，大蛇行消滅年（1962年）の冬期には御前埼沖で As 型流路が出現しなくなる。そして石廊埼沖では黒潮が急速に離岸し，As 状の黒潮北上流がみられるようになる。すなわち，大蛇行存続期の冬期において御前埼南沖に As 型流路が出現すると大蛇行は翌年まで持ち越し，S字型北上部が東に移動して石廊埼沖に As 状の北上流がみられるようになると大蛇行は消滅するという経験則が得られた。

Fig. 7 に海洋速報から求めた1975年 1 月～1985年 2 月にかけての御前埼及び石廊埼南沖の黒潮離岸距離を示した。前回の大蛇行の消滅前後の1979年～1980年についてみると，御前埼沖では1980年に入ると As 型流路の出現はみられず，徐々に接岸傾向に移行する。一方，石廊埼沖では1980年に入って As 状の黒潮北上部が出現している。このように大蛇行期における御前埼南沖での As 型流路の消失は大蛇行消滅の一つの前兆とみなすことができる。

このような観点から1981年11月以降の両岬における黒潮離接岸状況をみると，蛇行発生直後から石廊埼沖で As 状の北上部が出現するのに対し，御前埼沖では As 型流路は全く出現しない。

ちなみに準大蛇行のみられた1969年の例をみるために，1969年 1 月～1970年12月の両岬沖の離接岸状況を Fig. 8 に示した。

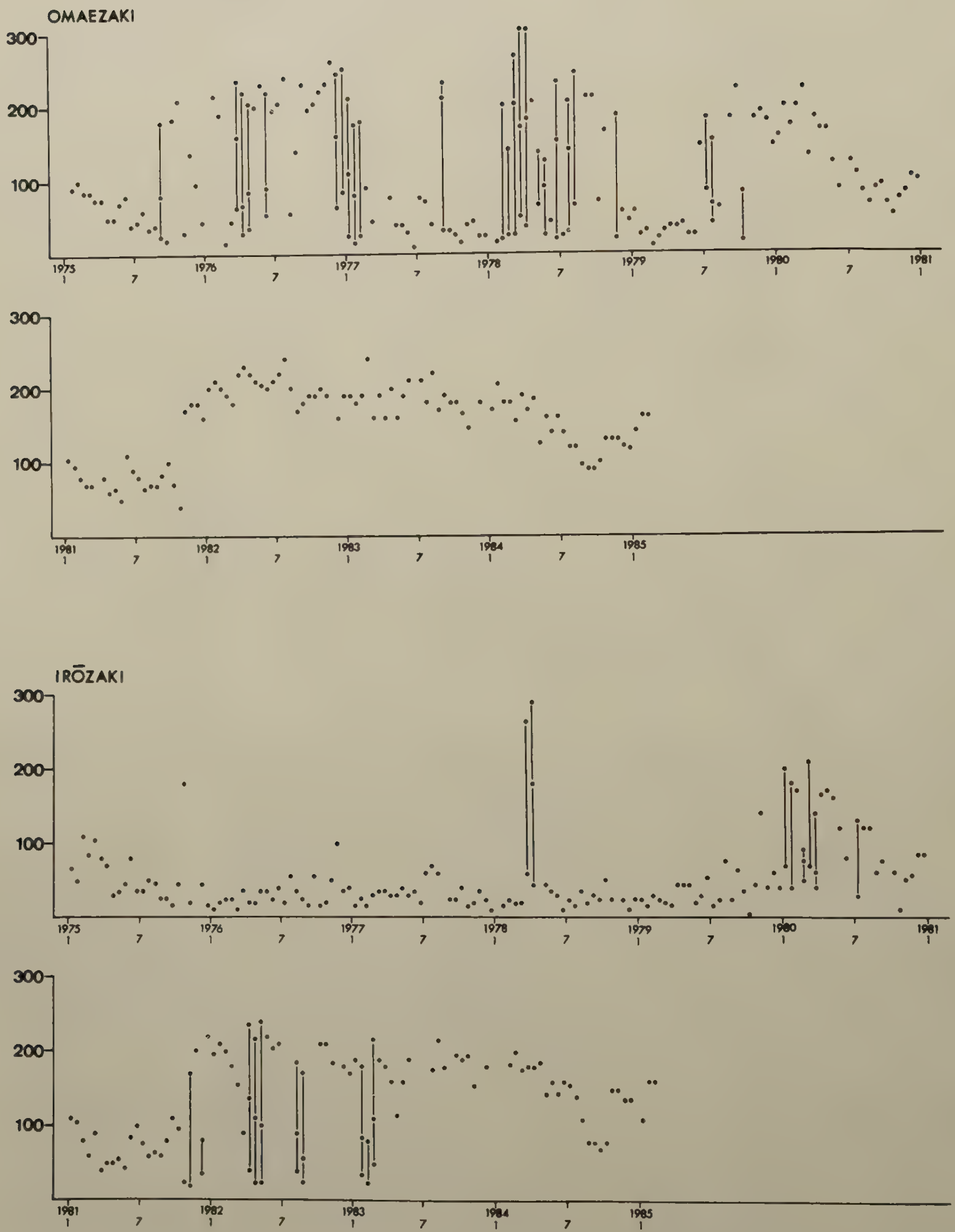


Fig. 7 The position of the Kuroshio by the distance in the nautical mile from the Cape Omaezaki (upper) and Irozaki (lower) during Jan. 1975 and Feb. 1985.

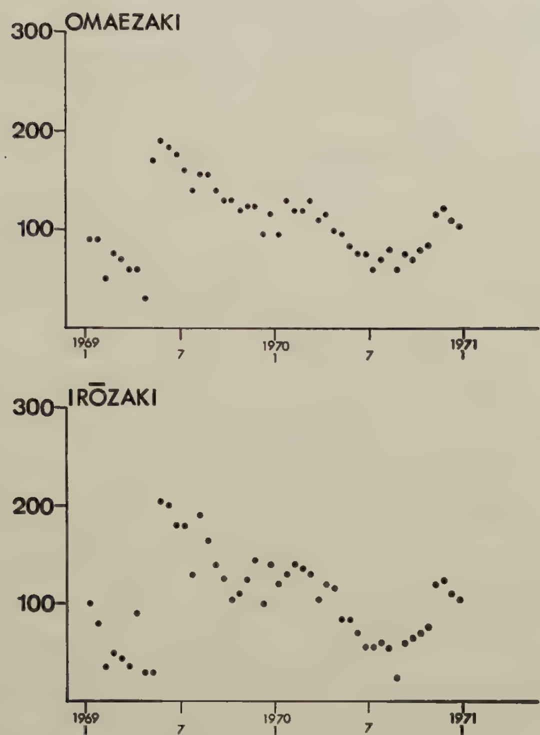


Fig. 8 The position of the Kuroshio by the distance in the nautical mile from the Cape Omaezaki (upper) and Irozaki (lower) during Jan. 1969 and Dec. 1970.

九州南東沖に発生した蛇行が遠州灘に到達した5～6月に両岬沖で急速でかなり大規模な離岸が認められているが，黒潮のS字状北上流路は共にみられず，わずか数カ月後には黒潮が直進流路となった。

これらの例から，やはり第一の方法での検討と同様に，黒潮蛇行1981の現象が大蛇行消滅期の黒潮変動に類似していたといえる。

考　　察

1981年11月以降の蛇行について，すでに二谷（1984）が大蛇行中心位置，蛇行の東進移動速度，冷水渦の深層水温，深層における地衡流速などの点から，前回までの蛇行現象と比較し，その特徴として，

1）発生の時期が前回までのものと異なる（前回は春～夏に発生したが，今回は夏～秋に発生した；著者注)。

2）遠州灘沖で大蛇行発生後の規模がやや小さい。

3）蛇行中心の位置が遠州灘沖の中部またはやや東部にあり，前回のように同灘西部や紀伊半島沖近くまでの西進がみられない。

4) 蛇行発生間もなくから蛇行が伊豆海嶺をまたぐC型になったり，その後も同海嶺をまたぐ東西変動が激しいこと（前回までは一旦C型になると再び大蛇行に戻ることはなかった；著者注)。

などをあげ，さらに二谷（1984）は今回の蛇行は典型的なA型ではなく，そのうちに消滅するであろうと思わせるようないくつかの外見を持ちながら，しぶとく今まで生き残ったのが今回の蛇行の特徴とした。そして今回の蛇行はA′型（準大蛇行）として取り扱うのが妥当であるとし，またこの A′型は1969年の約3カ月続いたやや小型の A′型とはやや意味を異にするものであるとしている。

本報では大蛇行消滅を予測するために見出した二通りの海洋現象から黒潮蛇行1981の特徴を調べた結果，今回の現象が蛇行の発生過程ですぐ大蛇行現象の消滅期に移行してしまった特異な長期存続型の準大蛇行に分類されることが明らかとなり，今回の蛇行現象を準大蛇行とした二谷（1984）の説を支持する結果が得られた。

ここで興味ある現象は，黒潮蛇行1981の存続期間が2年10カ月に及び，しかもその持続過程における黒潮変動様式が大蛇行期の消滅過程の様式に類似していることである。このことは大蛇行の消滅期間が3年に及ぶ場合が将来出現することを示唆しているのかもしれない。現在のところ，本報で応用された二方法（消滅期間は約1カ年程度とみなす）は，大蛇行現象そのものの消滅予測にはそのまま適用できるものと考えている。しかし，これらはあくまで現象面からの整理に基づいており，常に大蛇行消滅の予測に用いることができるか否かは，これらの現象が力学的にどのように解釈されるかにかかっているといえるだろう。

ところで，これまでの蛇行現象の発生過程をみると，いずれもその発端は九州南東の黒潮蛇行にあって，それが東方に波及し遠州灘に到達後，急速に南方に拡張，定着するという過程をたどっている。大蛇行に連なった1959年及び1975年についてこの過程をみると，蛇行が遠州灘に到達した直後に As 型流路が出現している（Fig. 6，Fig. 7)。これに対し，準大蛇行であった1969年，1981年には遠州灘到達後に As 型流路の出現はみられずに推移している（Fig. 8，Fig. 7)。このことから蛇行発生過程における As 型流路の出現の有無は，その後生じるであろう大蛇行，準大蛇行の類別の手がかりとなりそうである。

さてそれでは準大蛇行の消滅過程はどういった現象から推測されるのであろうか。数少ない事例からではあるがその前兆を推測すると，1969年内と1983～1984年の準大蛇行消滅期に御前埼及び石廊埼南沖でS字状の黒潮北上流路が全くみられなかったことがそれに該当するように思える。

このように大蛇行の持続期間は勿論のこと，発生過程及び消滅過程に出現する As 型流路は海況の推移を判断していく場合に貴重な情報を提供していると考えられる。この As 型流路が黒潮変動の面からみてどのような海洋構造をしているかを明らかにするため，この現象に焦点をしぼった臨機応変な調査研究を進めていくことが重要である。

さらに本報では黒潮蛇行1981は1984年9月の直進流路をもって消滅したとしている。しかし，1984年10月後半から黒潮流路は再び蛇行を開始し，蛇行1981に匹敵する規模で蛇行が継続した。とすると，蛇行1981はその後も継続していて，9～10月の直進流路は蛇行1981の一時的な特異現

象であったのかも知れないとの見方も成り立つ。したがって，今後の黒潮予測研究では，この点にも注目して現在の蛇行現象を見守っていく必要があろう。

摘　　　要

1981年8月から1984年9月にかけて，比較的大規模な黒潮蛇行—黒潮蛇行1981—が日本南岸に出現し，黒潮流軸は過去の海洋観測から得た情報とは異なる変動を示した。

本報では，黒潮大蛇行（A型流路）の消滅を予測するために用いられた二つの方法から，蛇行1981の特徴を調べた。

この結果，蛇行1981は1969年の蛇行と同様に，準大蛇行（NITANI 1975）の一種として分類されること，1969年及び今回の準大蛇行はその持続期間がかなり異なっているものの，存続期における黒潮流軸変動は，共に黒潮大蛇行の消滅期の流軸変動とよく似ていることが明らかになった。

また，準大蛇行の消滅は御前埼及び石廊埼南沖におけるS字状の黒潮北上流路の消失によって予測できる可能性が見出された。

文　　　献

藤本　実，1970：昨年および過去数カ年における黒潮流軸の変動について．東海区漁場海況概報，(45)，1—8．

藤本　実，1978：黒潮の大蛇行について．長期漁況予報　東海区，(47)，3—4．

二谷穎男，1969：最近数年の黒潮の変動について．水産海洋研究会報，(14)，13—17.

NITANI, H., 1975: Variation of the Kuroshio south of Japan. J. Oceanogr. Soc. Japan, **31**, 155–173.

二谷穎男，1984：1981年11月発生した遠州灘沖黒潮（大）蛇行の概要及び深層の特性．黒潮の開発利用の調査研究　成果報告書，（その6），122—130.

岡田正美，1978：黒潮の大蛇行歴（1854—1977）と潮汐観測．海洋科学，号外2，81—88.

東海区水産研究所，1976：遠州灘～常磐海域の海洋条件．長期漁況予報　東海区，(40)，2—5．

吉田昭三，1961：遠州灘沖冷水塊と黒潮の変動について．その1．水路要報，(67)，54—57.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 19, 1985

南西海域の黒潮主軸変動について

藤本　実・百田　方子・坂本　久雄・中川　倫寿

On the Fluctuations of the Stream Axes of the Kuroshio Southwest of Japan

Minoru FUJIMOTO, Masako MOMOTA, Hisao SAKAMOTO and Norihisa NAKAGAWA

The fluctuations of stream axes of the Kuroshio Southwest of Japan, represented by Northwest off Naha, True South off Yakushima Island, Southeast off Cape Toi, True South off Capes Ashizurimisaki, Murotomisaki, Shionomisaki and Daiozaki, were described from the point of the presence or absence of the Kuroshio Meander off Enshūnada South of Japan on the basis of the monthly oceanographic atlas reduced in our laboratory since 1968.

During the Kuroshio with no Meander, the stream axes of the Kuroshio Southwest off Japan generally lie in the near shore. On the contrary, during the Kuroshio with Meander, the stream axes along the offing between Capes Ashizurimisaki and Shionomisaki show locally systematic offshore and inshore fluctuations together with the generation, continuance and disappearance of the Meander South of Japan.

By the way, during the Kuroshio with no Meander, the stream axes Southwest of Japan sometimes change their flows in drastic manner accompanying with moderately large meanders. Some of them propagate downstream and act as a "trigger" for the Meander South of Japan. On the other hand, the downstream propagations of the meander to the East of Cape Shionomisaki during the Meander seem to have close relation to maintain the Meander South of Japan.

It is remarkable from physical oceanographic standpoint that the same downstream phenomena seem to occur in the East China Sea and in the Southern Sea off Kyūshu.

潮岬以西～東シナ海（南西海域）の黒潮は，流路変化が小さく，しかもその変動は安定しているといわれている。ところが，詳細にみると，黒潮はかなりの規模で変動しており，また，遠州灘沖における黒潮の蛇行発生・持続・消滅に伴う傾向的な黒潮の離接岸がみられる。そして，土佐湾，豊後水道外域，紀伊水道外域の黒潮分枝流派生が，沖合の黒潮流路の変動と密接な関連をもつことが明らかにされている（山重　1980，能津　1965，殿谷　1981）。

南西海域の沿岸域における漁場形成は，この黒潮分枝流の動向に大きく影響される。また，南西海域の太平洋岸は，現在，薩南海域に主産卵場が形成されているマイワシの卵・稚仔の輸送・拡散経路にあたっており，黒潮分枝流による南西沿岸域への補給の多寡は，潮岬以東海域資源への補給添加と関連して注目されている。

1985年7月12日受理，南西海区水産研究所業績第170号，〒739-04 広島県佐伯郡大野町
住所 南西海区水産研究所高知庁舎 〒780 高知市桟橋通り

また，黒潮大蛇行の切っ掛けが，九州南東海域に発生した小蛇行にあることが明らかにされて（吉田　1961，SHOJI 1972, SOLOMON 1978)，いまでは海洋物理学の面からも，南西海域における黒潮研究の重要性が指摘されている。

二谷（1984)，藤本（1985）は1981年11月から，これまでの大蛇行現象とは異なるタイプの蛇行現象が出現したことを報告した。

本報の目的は，この特異的な黒潮蛇行の消滅（1984年９月）を機に，SHOJI（1972)，川合（1972）以降，まとめて解説されることのなかった，南西海域の黒潮変動の特徴を記述することにある。

なお，ここで取り扱った黒潮主軸変動に関する資料は，南西海区水産研究所歴代の海洋第一研究室長（川合英夫現京都大学教授，宮田和夫現西海区水産研究所海洋部長）の努力によって蓄積されたものである。また，木立海洋部長には詳細にわたり論文の御校閲を頂いた。ここに記して，感謝の意を表します。

資料及び方法

南西海区水産研究所海洋部では，発足以来，黒潮を含めた南西海域の海況変動を明らかにするため，海域における海洋調査結果を収集，分布図を作成し，南西海区漁場海況概報として公刊してきた。当初は，南西海区の外海に面する各県水産試験場，気象庁，海上保安庁，水産研究所の観測による，外海域の水温のみが取り扱われていたが，1970年に浅海定線調査が開始されると，瀬戸内海，豊後・紀伊両水道の観測結果も沿岸・内海域としてまとめられ，項目も水温に塩素量（塩分)，透明度が加えられた。さらに1972年から沖縄島周辺の資料も加えられた。そして，現在では沖合域については海面・200m深水温，沿岸・内海域については海面の水温・塩分及び透明度が，月毎にまとめられ，年に２回発行されている。

南西海区水産研究所では，海面流速の最大の点を流れの向きに従って順次に結んで得られる曲線を，黒潮主軸と呼んでいる（南西海区水産研究所　1968)。本報で用いた黒潮主軸位置は，南西海区漁場海況概報の200m 等温線から推定されたものである。主軸の指標となる等温線は，川合（1972）によって各岬毎に計算された値（奄美大島西北西16.5℃，都井岬南東16.5℃，足摺岬正南16.5℃，潮岬正南16.0℃，大王埼正南15.5℃）を用いた。現在，これらの他に主軸位置を推定している屋久島正南及び那覇北西の指標等温線については，川合の結果を内外挿して共に16.5℃を用いている。

このようにして，那覇北西については1972年５月から，屋久島正南，都井岬南東，足摺岬正南，室戸岬正南，潮岬正南，大王埼正南沖については，1968年２月から現在までの黒潮主軸位置が継続して得られている。なお，資料の不足や欠測のため，概報から黒潮主軸が推定できない場合には，海上保安庁水路部の海洋速報を用いて補間した。

また，各岬沖毎の黒潮短期変動の特徴をみるために，その指標として，黒潮が蛇行していた期間，していなかった期間別に主軸平均位置と実測値の差の標準偏差を求めた。なお，足摺岬，室

戸岬，潮岬及び大王埼の蛇行期間における平均位置は，実測値の12カ月移動平均値を調和解析して得られた曲線で代表させた。計算は月毎に行ったが，該当する蛇行期間が短い場合もあって，資料数の違いによる偏りを避けるため，さらに12～2月を冬期とする季節別算術平均値を求めた。

結 果 と 考 察

日本沿岸における黒潮の変動

我が国の沖合を流れる黒潮には，時に大きく南に蛇行し，その状態が数年～10数年も持続する現象がみられる。蛇行する黒潮の内側域には，遠州灘沖冷水塊またはA型冷水塊と呼ばれる大冷水域が形成される。この現象は，黒潮大蛇行，その存続期は黒潮大蛇行期と呼ばれる。

また，1969年には，持続期間が3カ月と短いが，大蛇行と同じ程度の空間規模をもつ蛇行現象が出現し，準大蛇行現象（NITANI 1975）と呼ばれている。1981年11月から2年10ケ月続いた蛇行は，二谷（1984），藤本（1985）によって，準大蛇行に分類されている。

黒潮大蛇行，準大蛇行がみられない期間は，大蛇行期に対して非蛇行期と呼ばれる。しかしながら，黒潮が常に直進流路をとるとは限らず，中・小規模の蛇行が系統的に西から東へ移動していくことが知られている（藤本　1970）。

大蛇行期・非蛇行期にみられる冷水塊や，黒潮流路の出現タイプ・持続期間及び変動形態などに関する統計的な整理は，吉田（1961），二谷（1969）によって進められた。

南西海域の黒潮変動

ここでは，黒潮非蛇行期を1968年2月～1975年7月（1969年の準大蛇行期間は3カ月と短かったので非蛇行期に含めた），大蛇行期を1975年8月～1980年8月，準大蛇行期を1981年11月～1984年9月（以下この期間区分を各期間別と称する）として，それぞれの期間及びその転換期に出現した黒潮変動の特徴をみていく。

1.　那覇北西

那覇北西の黒潮主軸離接岸（Fig. 1）について，1972年5月から最新データまで全期間の平均値±5浬をもって“平年並”（距岸105浬±5浬），それより沖縄島寄りを“陸棚より離れ”，陸棚よりを“陸棚に接近”と階級分けしている。

長期変動をみると，ほぼ横這いの状態が継続している。非蛇行期，大蛇行期，準大蛇行期別に求めた黒潮の平均位置は 106，106，104浬で差はないが，1983年冬期から，黒潮が徐々に“陸棚より離れ”傾向に転じ，1985年冬に低極となった。現在は回復過程にある。

平坦な変動のなかで，1974年2月，1980年11月～1981年3月，1983年6～7月など，散発的な“陸棚より離れ”現象がみられる。このうち，1974年については室戸岬沖まで，1980～1981年については潮岬沖まで，1983年については足摺岬沖まで，ほぼ同時に主軸の離岸が生じた。この三例のうち，潮岬以東の蛇行現象に結びつくと思われるのは，1983年についてのみである。しかし，ここで述べた各岬沖の離岸の関連性は，太平洋岸の蛇行の東方波及のように，観測で確かめられ

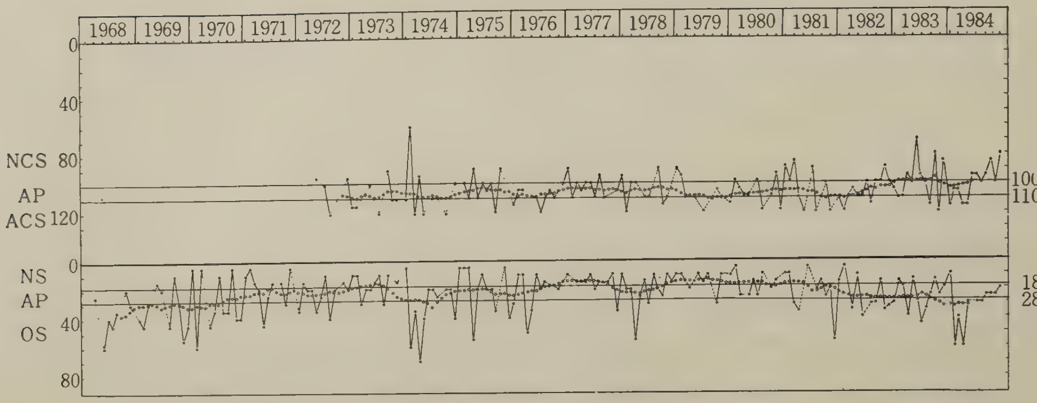


Fig. 1 Fluctuations of the stream axes of the Kuroshio represented by the distance in the nautical mile Northwest off Naha, Okinawa Island (upper) and True South off Yakushima Island (lower).

The dots and circles in the figures indicate the observed and twelve-month running mean values. The marks, such as “AP”, “NCS”, “ACS”, “NS”, and “OS”, at the left side of the figures denote the symbolic representation of “Averaged Path”, “Near the Continental Shelf”, “Away from the Continental Shelf”, “Near Shore”, “Off Shore” respectively and the boundary values of each mark are shown at the right side of the figures in the nautical mile.

ていない。

Fig. 2 に非蛇行期，大蛇行期，準大蛇行期別に求めた黒潮主軸の季節別標準偏差（季節変動の指標）を示した。那覇北西においては蛇行の有無や季節による変動の差はほとんど認められない。

2. 屋久島正南

屋久島正南沖の黒潮主軸離接岸（Fig. 1）も，那覇北西と同様に，1968年２月から最新データまでの全期間の平均値±５浬以内を“平年並”（距岸23浬±５浬），以北を“接岸”，以南を“離岸”と階級分けしている。

長期変動をみると，1976～1980年を頂点とした滑らかな弧状の変動を示しており，15年前後を半周期とする長周期変動の存在を示唆している。また，1984年冬春期の低極を経て，現在は回復過程にある。

非蛇行期，大蛇行期，準大蛇行期別の平均位置は，それぞれ24.2，18.4，28.6浬で，大蛇行期にやや北偏，準蛇行期には逆に南偏する傾向にあるが，これは上述の長期変動に由来する。

屋久島正南沖では，しばしば急激に流軸が南偏するといった現象がみられる。1974年２～４月，1975年４月，1976年４～５月，1978年４月，1981年４月，1981年12月，1984年２～４月などがその例で，おおむね冬～初春にかけて出現する。ほとんどの場合，離岸する直前に一時的な“接岸”がみられるのが特徴である。1974年に生じた離岸現象は，最も顕著であり，那覇北西の項でも述べたように，那覇北西から室戸岬沖までほぼ同時期に出現し，相互の関連を示唆しているが，次に顕著な1984年の離岸は，屋久島沖にしか出現していない。

1969年の準大蛇行，1975年より始まった大蛇行，1981年に始まった準大蛇行の兆候と思われる

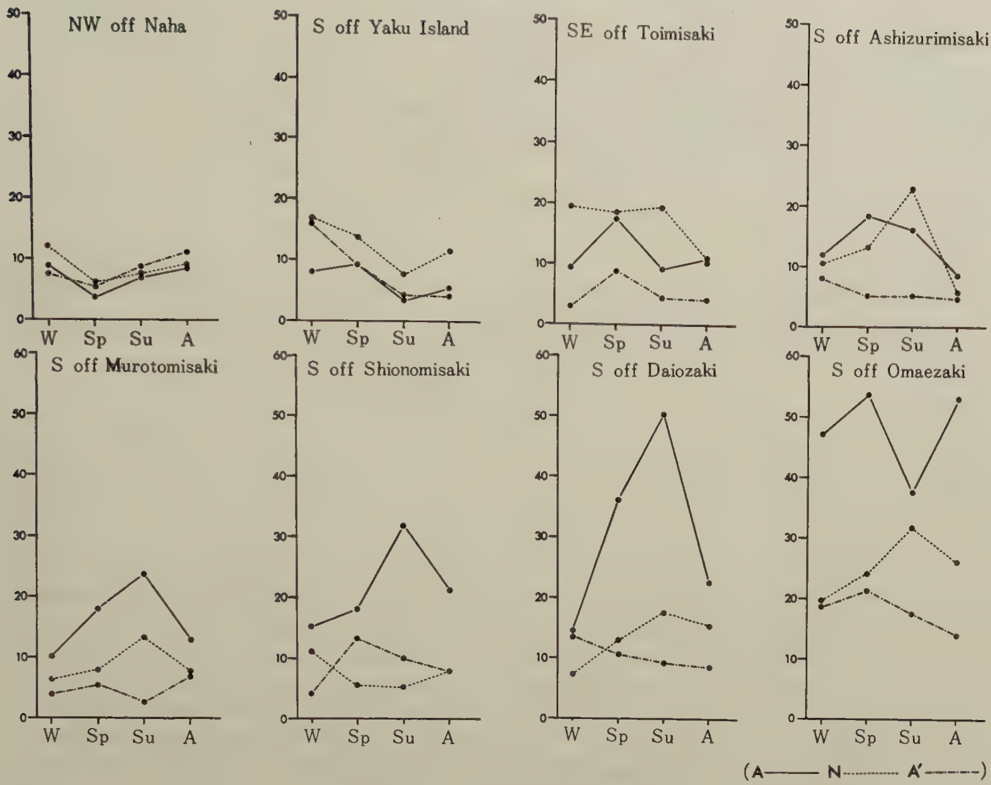


Fig. 2 Seasonal variations of the standard deviations represented in the nautical mile at each offing.
The solid, dotted and broken lines in the figures indicate the standard deviations in the period of the Kuroshio with Meander, the Kuroshio with no Meander and the Kuroshio with quasi-Meander respectively.

離岸現象は認められるものの，その規模は小さく，局所的と思われる離岸現象のほうがむしろ顕著である。

各期間別に求めた，屋久島正南の黒潮主軸の季節変動（Fig. 2）は全般に小さいが，非蛇行期にやや変動が卓越する傾向にある。

3. 都井岬南東

都井岬南東沖の黒潮流域は，大蛇行・準大蛇行発生の引き金となる蛇行の発生するところとして知られている。

都井岬南東の黒潮主軸変動を，Fig. 3 に示した。ここの黒潮離接岸については，川合（1972）の整理に基づき，距岸30浬までが“接岸”，30～50浬が“やや離岸”，50～70浬が“かなり離岸”，70浬以上の離岸を“著しく離岸”と階級区分している。

各期間毎にみた平均距岸距離は，非蛇行期41浬，大蛇行期43浬，準大蛇行期30浬で，大蛇行期，非蛇行期による平均位置に差はなく，“やや離岸”で経過する。一方，準大蛇行期には約10浬ほど接岸し，“接岸”で経過する傾向にある。したがって，都井岬南東では1982年以降，接岸傾向にある。これは那覇北西及び屋久島正南の傾向と，逆位相の関係にある。

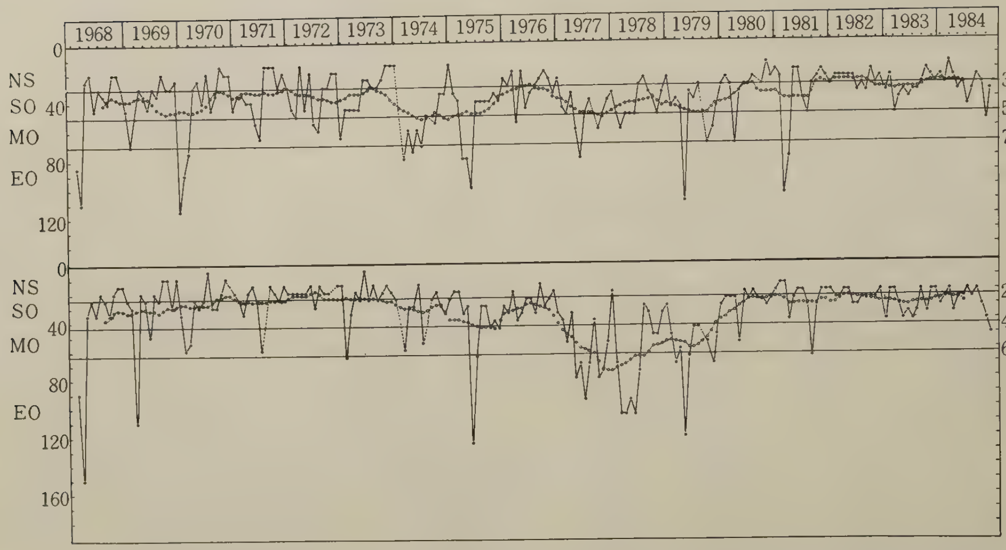


Fig. 3 Fluctuations of the stream axes of the Kuroshio represented by the distance in the nautical mile Southeast off Cape Toimisaki (upper) and True South off Ashizurimisaki (lower).
The dots, circles in the figures are the same as Fig. 1 and the marks, such as "NS", "SO", MO" and "EO", at the left side of the figures denote the symbolic repesentation of "Near Shore", "Slightly Offshore", "Moderately Offshore" and "Extremely Offshore" respectively and the boundary values of each mark are shown at the right side of the figures in the nautical mile.

1968年以降，距岸50浬以上の"かなり離岸"，もしくは"著しく離岸"となった回数は19回あるが，そのうち74%が冬春期に出現している。準大蛇行，大蛇行の引き金となった蛇行現象は，すべてこの中に含まれるが，それは全蛇行数の16%にしかすぎない。

また，黒潮の主軸位置が"著しく離岸"となったのは，1968年2～3月，1970年1～3月，1974年3・5・7月，1975年4～6月，1976年6月，1979年5月，1981年3～4月の9回で，このうち7例が冬～春期に出現する。また，大きく離岸する直前には，必ずといってよいほど"接岸"状態がみられる。この9回の離岸のうち，1975年が大蛇行に，1981年が準大蛇行の引き金となったことが確かめられているが，都井岬南東沖での黒潮の大幅な離岸が，いつも大蛇行や準大蛇行の発生に連なることはない。最近，関根（1985）は蛇行の拡大及び東方波及が海底地形と密接に関連していることを，実測と数値計算から明らかにした。

期間別に，黒潮主軸の季節変動（Fig. 2）をみると，非蛇行期，大蛇行期，準大蛇行期の順に変動が大きい。大蛇行期と準大蛇行期は，一般に変動が小さいといえるが，春期はともに変動がやや大きく，大蛇行期においては，非蛇行期のそれに匹敵する。

4. 足摺岬正南

足摺岬正南沖の黒潮離接岸（Fig. 3）について，距岸23浬以内を"接岸"，23～43浬を"やや離岸"，43～63浬を"かなり離岸"，距岸63浬以上を"著しく離岸"と階級分けしている（川合 1972)。

足摺岬正南の長期変動をみると，前回の大蛇行が始まった1975年より約1年前の1974年から，“接岸”から離岸傾向に移行している。この離岸現象は，1976年には一転して接岸傾向に変化したが，1977年より再び離岸に転じ，1977年より1980年にかけては“かなり離岸”もしくは“著しく離岸”で経過した。1974年に，屋久島沖から室戸岬沖まで傾向的にみられた黒潮の離岸現象は，その後も屋久島沖で1カ年間，都井岬南東及び足摺岬沖では約2カ年間にわたりみられ，大蛇行発生の約1年前に生じた特異現象であった。この現象は，室戸岬以東の海域ではみられない。

足摺岬正南の非蛇行期の黒潮主軸は，ほぼ接岸状態で経過する。これに対し，大蛇行期には黒潮大蛇行の影響を受けて系統的な離岸がみられる。準大蛇行の影響は，足摺岬正南にはほとんど及ばない。

大蛇行期を除く期間において，“かなり離岸”以遠に南下する現象は，1968年2～3月，1969年3月，1970年2～3月，1971年7月，1973年2月，1974年3月・7月，1975年6～7月，1981年9月，1984年12月の10回みられ，冬期の出現率は60%である。また，大蛇行及び準大蛇行の発生に結びついたのは，1969年，1975年，1981年の3回で，全体の30%となる。

1975～1980年の大蛇行期をみると，長期変動傾向曲線（12カ月移動平均値）より南に大きく離岸し，“著しく離岸”となったケースは，1977年5～8月，10～11月，1978年2～7月，1979年5～6月の4回ある。この離岸現象は，都井岬～大王埼沖の黒潮主軸変動に共通して出現している。また，1978年の場合には，屋久島沖でも黒潮が同時に離岸している。さらに，1979年11月，1980年5月には屋久島沖から足摺岬沖にかけて一時的な離岸がみられるが，室戸岬以東での出現はない。これらのことは，大蛇行の盛期には九州南東沖に始まる黒潮蛇行の東方波及があって，大蛇行の持続に重要な役割を果たしていること，大蛇行の消滅期には，同様な現象が生じても，室戸岬以東の海域に伝わることがなく，これが大蛇行の消滅に関連することが示唆されて興味深い。

期間別に，足摺岬正南の黒潮季節変動をみると（Fig. 2），非蛇行期と大蛇行期の春夏期に変動が卓越する傾向にある。準大蛇行期は年間を通じて変動が少なく，安定した流況を示す。冬期及び秋期は，どの期間も比較的変動のレベルは低い。

5. 室戸岬正南

室戸岬正南の黒潮主軸離接岸（Fig. 4）については，距岸25浬以内を“接岸”，25～45浬を“やや離岸”，45～65浬を“かなり離岸”，65浬より離れて流去する場合を“著しく離岸”と階級分けしている（川合　1972）。

室戸岬正南では，1975年から1980年にかけて出現した大蛇行の影響を受けて，明瞭な離岸現象がみられる。離岸及び接岸の過程は，足摺岬沖と同様に徐々に移行しており，主軸の推移は，1978年冬期を低極とする逆三角形状を示している。約5カ年続いた大蛇行期において，黒潮主軸の長期変動傾向が距岸65浬以遠の“著しく離岸”となるのは，1977年3月～1979年1月までの23カ月にしかすぎず，後述の潮岬沖及び大王埼沖の急速な離・接岸，したがって，長期間にわたる“著しく離岸”の持続と比べて特徴的である。

室戸岬正南の黒潮主軸は，非蛇行期には沖合約25浬にあって，“接岸”で経過し，準大蛇行期

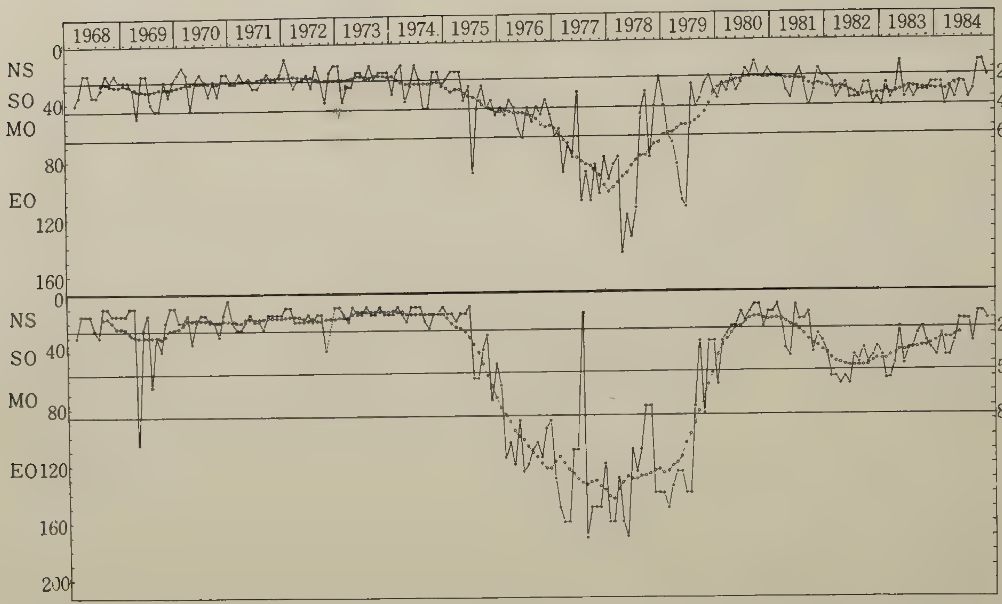


Fig. 4 Fluctuations of the stream axes of the Kuroshio represented by the distance in the nautical mile True South off Capes Murotomisaki (upper) and Shionomisaki (lower).
The dots, circles in the figures are the same as Fig. 3 and the marks at the left side of the figures are also the same as Fig. 3 and the boundary values of each mark are shown at the right side of the figures in the nautical miles.

には約35浬付近の“やや離岸”で経過している。

1969年に生じた準大蛇行は，その寿命が3カ月と短かったが，長期変動傾向としては，やや緩やかな離岸現象が認められる。

室戸岬正南では，準大蛇行発生に連なる1969年及び1981年の離岸現象は明瞭でなく，1975年に発生した大蛇行の種となる蛇行東方波及，及び蛇行持続期に出現した離岸現象が顕著である。

各期間別にみた，室戸岬正南の黒潮季節変動は（Fig. 2），大蛇行期，非蛇行期，準大蛇行期の順に大きい。変動幅は，大蛇行期は非蛇行期の2倍程度である。季節別にみると，夏に大きい傾向があり，足摺岬でみられたと同様に，冬及び春期の変動は相対的に小さい。

6. 潮岬正南

川合（1972）は，潮岬正南の黒潮主軸離接岸（Fig. 4）について，距岸26浬以内を“接岸”，26～56浬を“やや離岸”，56～86浬を“かなり離岸”，86浬以遠に離れた場合を“著しく離岸”と階級分けした。ここで，“接岸”～“やや離岸”は主として非蛇行期の離接岸表示に，“かなり離岸”もしくは“著しく離岸”は大蛇行期の表示に当てはまる。

潮岬正南では，1975年7～8月に大蛇行の引き金である蛇行が岬沖を通過し，2カ月おいて11月から急速に離岸に転じた。また，1980年8月の大蛇行消滅に向けての接岸が始まったのは，1979年9月からで，その後，隔月に大幅な離接岸を繰り返しながら，1980年4月には“接岸”で経過するようになった。

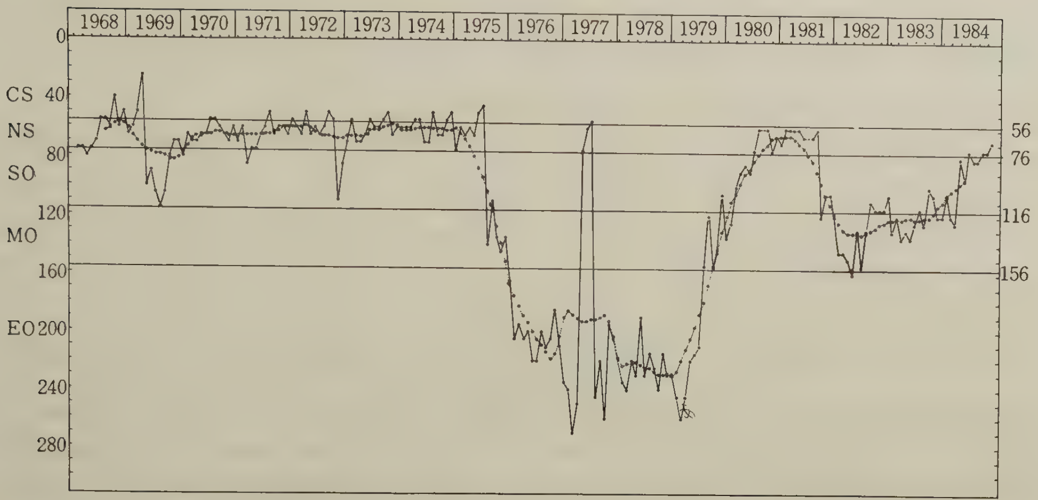


Fig. 5 Fluctuations of the stream axes of the Kuroshio represented by the distance in the nautical mile True South off Cape Daiozaki.
The dots, circles and marks, such as "NS", "SO", "MO", and "EO" at the left side of the figure, are the same as Fig. 3 and the new mark "CS" denotes the symbolic representation of "Cross Shore". The boundary values of each mark are shown at the right side of the figure in the nautical mile.

このように，大蛇行発生期及び消滅期の黒潮主軸の離接岸は急で，足摺岬沖や室戸岬沖でみられたような，緩慢な離接岸は示さない。大蛇行期において，黒潮主軸が“著しく離岸”となるのは，1976年3月～1979年8月の42カ月と長い。

大蛇行期の1977年7月に，急激な“接岸”がみられるのは，遠州灘沖冷水塊が切離したために出現したものである（上平　1978)。この現象は，室戸岬沖で6月，大王埼沖で7月，御前埼沖では1977年4月～1978年2月にわたってみられた。NISHIDA（1982）は，1979年4月，1979年8月にも同様な冷水塊の切離が生じたことを報告しているが，Fig. 4 では明瞭ではない。

1978年9～10月に，主軸の一時的な接岸がみられ，離岸の程度が“かなり離岸”となったが，これは冷水塊の切離によるものではなく，遠州灘沖冷水塊の東西変動に起因するものである。同様の変動形態は，足摺岬沖から潮岬沖にかけて認められるが，大王埼沖では明瞭ではない。

準大蛇行期における主軸の南下は，室戸岬沖より顕著となり，その盛期には，距岸56浬以南の“かなり離岸”となる月もある。1969年の場合にも，わずか数カ月ではあるが“かなり離岸”～“著しく離岸”に達した。

期間別に，黒潮主軸の季節変動をみると（Fig. 2)，全般的に大蛇行期に大きく，特に夏に変動が卓越する。次いで，準大蛇行期，非蛇行期の順になる。準大蛇行期の変動が非蛇行期を上回るのは潮岬正南だけで，その原因は明らかでない。

7. 大王埼正南

南西海区以東における黒潮変動の代表として，大王埼正南を選び Fig. 5 に示した。

大王埼正南の黒潮主軸離接岸について，距岸56浬以内を“やや接岸”，56～76浬を“接岸”，76

～116浬を“やや離岸”，116～156浬を“かなり離岸”，156浬以南にある場合は“著しく離岸”と階級分けしている（川合　1972)。潮岬と同様に，“やや接岸”～“やや離岸”は非蛇行期に，“かなり離岸”～“著しく離岸”は大蛇行期に適用されることが多い。

大王埼正南では，大蛇行発生の前ぶれとなる蛇行の東方波及が，1975年8月にみられた。主軸の変化は急激で，わずか1カ月の間に95浬も南下している。そして，1976年1月には“著しく離岸”となり，冷水塊の切離がみられた1977年5～7月を除き，1979年7月まで，43カ月間もの間，“著しく離岸”が持続している。

準大蛇行の引き金となった，1981年の蛇行東方波及は，大王埼正南では10月に出現した。この時の黒潮の離岸も急激で，9月から10月にかけて，60浬も主軸が南下している。準大蛇行期の南下の規模は，潮岬沖より顕著であり，“かなり離岸”を示す期間も長くなっている。図には示していないが，より東方の御前埼沖では，主軸の南下の度合いがますます顕著となり，大蛇行期に匹敵する程となる。主軸の南下規模が，東に行くにつれ大蛇行期の規模に近づくことが，1981年11月に始まった準大蛇行の黒潮主軸変動の特徴の一つである。

1969年の準大蛇行でも，4月から5月にかけて75浬もの急激な主軸の南下が出現している。その後の主軸の位置は，“やや離岸”に留まっており，同じ準大蛇行であっても，その持続期間によって差がみられる。

大王埼正南では，大蛇行あるいは準大蛇行に連なる主軸の南下が，急激に出現するのが特徴で，同様な傾向は御前埼沖でもみられる。

一方，蛇行現象の消滅期には，発生時の急激な離岸に対応するような接岸現象はみられず，比較的なだらかな接岸傾向をたどる。

大王埼正南の黒潮主軸の季節変動は，Fig. 2 に示されているように，大蛇行期の春夏期に図抜けて大きい。次いで，非蛇行期，準大蛇行期の順であるが，この両期に差はない。また，準大蛇行期において季節変動が小さく，この傾向が，都井岬南東沖から御前埼沖にかけての太平洋岸に共通していた点が特徴である。

要　　約

1968年以降，月別に作成している海況図から得られた黒潮主軸資料を用いて，東シナ海をも含めた南西海域の代表的な岬，那覇北西，屋久島正南，都井岬南東，足摺岬正南，室戸岬正南，潮岬正南及び大王埼正南沖毎に主軸変動の特徴を，大蛇行の有無や海況の転換期に注目して記述した。

足摺岬正南沖から潮岬正南沖にいたる海域では，大蛇行，準大蛇行の発生，持続，消滅に伴って，黒潮主軸が，系統的でしかも局地性の強い離接岸変動を示すことを明らかにした。

また，比較的変動が少ないといわれている南西海域の黒潮も，時には顕著な変動を示す。そして，非蛇行期においては，そのうちのいくつかが潮岬以東の海域にも波及し，大蛇行や準大蛇行の引き金となり，また，大蛇行期には，同様な現象が，大蛇行の持続に重要な働きをしているこ

とを推察した。

なお，那覇北西及び屋久島正南では，都井岬沖以東の黒潮変動に直接結びつくと思われる蛇行現象が見いだされており，黒潮流路予測研究のためにも，今後この海域に注目した調査・研究を進めていくことが重要である。

文　　献

藤本　実，1970：昨年及び過去数ヶ年における黒潮流軸の変動について．東海区漁場海況概報，(45)，1—8．

藤本　實，1985：蛇行1981について．南西海区水産研究所研究報告，(19)，87—97.

上平悦郎・南　秀人，1978：1977年5月大冷水塊の切離．黒潮大蛇行と大冷水塊，昭和52年度文部省科学研究費総合研究A　研究報告書，61—75.

川合英夫，1972：黒潮と親潮の海況学．海洋物理Ⅱ，海洋科学基礎講座，2，東海大学出版会，東京，129—320.

南西海区水産研究所，1968：黒潮主軸指標等温線に関する統計結果．昭和43年10月南西海区漁況予報に関する参考資料．

NISHIDA, H., 1982: Description of the Kuroshio Meander in 1975–1980—Large Meander of the Kuroshio in 1975–1980 (Ⅰ)—. Hydrogr. Res., (17), 181–207.

二谷穎男，1969：最近数年の黒潮の変動について．水産海洋研究会報，(14)，13—17.

NITANI, H., 1975: Variation of the Kuroshio south of Japan. J. Oceanogr. Soc. Japan, **31**, 155–173.

二谷穎男，1984：1981年11月発生した遠州灘沖黒潮(大)蛇行の概要及び深層の特性．黒潮の開発利用の調査研究成果報告書，（その6），122—130.

能津純治，1965：豊後水道域におけるカタクチイワシ *Englaulis japonica* (Houttuyn) の漁業生物学的研究．大分県水産試験場調査研究報告，(5)，1—135.

関根義彦，1985：黒潮大蛇行の形成過程．海洋科学，**17**，(5)，274—282.

SHOJI, D., 1972: Time variation of the Kuroshio south of Japan. In "Kuroshio". ed. H. STOMMEL and K. YOSHIDA, University of Tokyo Press, Tokyo, 217–234.

SOLOMON, H., 1978: Occurrence of small "trigger" meander in the Kuroshio off Southern Kyushu. J. Oceanogr. Soc. Japan, **34**, 81–84.

殿谷次郎，1981：大型冷水塊形成による黒潮流及び徳島沿海の海況変動．徳島県水産試験場事業報告（昭和54年度），128—135.

山重政則，1980：土佐湾の平均的海況について．高知県水産試験場事業報告書，(76)，104—119.

吉田昭三，1961(a)：遠州灘沖冷水塊と黒潮の変動について（その1）．水路要報，(67)，54—57.

吉田昭三，1961(b)：黒潮短期変動調査報告．水路要報，(65)，1—18.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 19, 1985

コホート解析に用いる漁獲方程式の解法とその精度の検討

石岡　清英・岸田　　達

Studies on the Algorithm for Solving the Catch Equation and Its Accuracy

Kiyohide ISHIOKA and Tatsu KISHIDA

The approximate equation for POPE's function, $f(F, M) = \dfrac{(F+M)\cdot\{1-\exp(-F)\}}{F\cdot[1-\exp\{-(F+M)\}]}$ which is used for cohort analysis was examined mathematically. NAGAI's equation, $f_N = \dfrac{M}{1-\exp(-M)}$ is more approximate to the true value of $f(F, M)$ than POPE's equation, $f_P = \exp(M/2)$.

The new algorithm to solve the catch equation was proposed. This method is the so-called successive substitution method, and it uses NAGAI's approximate value as the first approximation. It was clarified that in normal conditions, four or less times of iteration satisfies the convergence criteria, viz the error of the approximation is one percent or less.

The applicable ranges of F and M for those approximate functions and the mentioned above were illustrated.

コホート解析 (cohort analysis) は JONES (1961, 1964), MURPHY (1965), GULLAND (1965), POPE (1972) らが発展させてきた，自然死亡係数と年齢別漁獲尾数から資源尾数や漁獲死亡係数を推定する方法であり，漁獲努力量よりも漁獲尾数を重視するところに特色がある。瀬戸内海漁業のように，単一魚種が多くの漁業種類で漁獲されるため，努力量の把握および標準化が困難であり，かつ漁獲圧力が強いような場合の加入量を推定する方法として，コホート解析は使いやすい方法と言えよう。石岡・猪子 (1982) はそれを応用した現実のデータへのあてはめ方の一例を報告しているが，計算手法，精度についての理論的検討が充分ではない。ここではそれらの点について報告する。

この報告の一部は1982年日本水産学会秋季大会（福山）で発表した。

本研究を行うにあたり貴重な助言をいただいた東京大学海洋研究所資源解析部門教授田中昌一博士に御礼申しあげます。

漁獲方程式の展開

BARANOV (1918) の漁獲方程式 (catch equation) および生残関係式は(1), (2)式で示される。

1985年7月30日受理，南西海区水産研究所業績第171号，〒739-04 広島県佐伯郡大野町

$$C_i = N_i \cdot \frac{F_i}{F_i + M_i} \cdot [1 - \exp\{-(F_i + M_i)\}] \tag{1}$$

$$N_{i+1} = N_i \cdot \exp\{-(F_i + M_i)\} \tag{2}$$

ここで記号は i 期における次の値を示す。

C_i ：漁獲尾数

N_i ：期間の初めの資源尾数

F_i ：漁獲死亡係数

M_i ：自然死亡係数

コホート解析には前進法と後退法の２通りの計算方法がある。前進法の方が理解しやすいため，ここではこれをもとに説明を行い，後退法の場合については後でふれることとする。前進法では M_i, C_i, N_i を与えて，F_i, N_{i+1}を求める。なおこれ以降添字 i は混乱をまねく場合を除き省略する。

Pope（1972）は(1)，(2)式を次のように変形した。

$$N_i = N_{i+1} \cdot \exp(M) + f(F, M) \cdot C \tag{3}$$

$$F = \log\left(\frac{N_i}{N_{i+1}}\right) - M \tag{4}$$

ここで関数 $f(F, M)$ は F と M の値によってきまる次式で示される。

$$f(F, M) = \frac{(F + M) \cdot \{1 - \exp(-F)\}}{F \cdot [1 - \exp\{-(F + M)\}]} \tag{5}$$

関数 $f(F, M)$ の近似式

永井（1980）は関数 $f(F, M)$ の型と性質を検討し，Mを一定とした時次の極限値を持つことを示している。

$$\lim_{F \to \infty} f(F, M) = 1 \tag{6}$$

$$\lim_{F \to 0} f(F, M) = \frac{M}{1 - \exp(-M)} \tag{7}$$

ところで(7)式は現実的なFの範囲では(5)式の近似式として用いることができる。以下においては(8)式を永井の近似式 f_N と呼ぶことにする。

$$f_N = \frac{M}{1 - \exp(-M)} \tag{8}$$

一方 Pope（1972）は $f(F, M) \fallingdotseq \exp(M/2)$ という近似式を用いたが，(8)式が $\exp(M/2)$ で近似できることは次のように式の展開を行えばわかりやすい。

(8)式の分子，分母に $\exp(M/2)$ を乗じる。

$$f_N = \exp\left(\frac{M}{2}\right)\left\{\frac{M}{\exp\left(\frac{M}{2}\right) - \exp\left(-\frac{M}{2}\right)}\right\} \tag{9}$$

ここで MACLAURIN 級数より，exp(M/2)，exp(−M/2)は次のように展開できる。

$$\exp\left(\frac{M}{2}\right) = 1 + \frac{M}{2} + \frac{M^2}{8} + \frac{M^3}{48} + \frac{M^4}{384} + \cdots \tag{10}$$

$$\exp\left(-\frac{M}{2}\right) = 1 - \frac{M}{2} + \frac{M^2}{8} - \frac{M^3}{48} + \frac{M^4}{384} - \cdots \tag{11}$$

したがって(9)式は次のように変形できる。

$$f_N = \exp\left(\frac{M}{2}\right) \cdot \left[\frac{M}{2 \cdot \left\{\frac{M}{2} + \frac{M^3}{48} + \frac{M^5}{3840} + \cdots\right\}}\right] \tag{12}$$

ここでMが充分小さければ分母の（$M^3/48$）以下の項は無視することができ次式が導かれる。

$$f_N \fallingdotseq \exp\left(\frac{M}{2}\right) \tag{13}$$

すなわち POPE（1972）が示した関数 $f(F, M)$ の近似式 f_P になる。

$$f_P = \exp\left(\frac{M}{2}\right) \tag{14}$$

なお田中（1960，1975）および PALOHEIMO（1961）は全減少係数Zについて次式が成立することを述べている。

$$\frac{Z}{1-\exp(-Z)} \fallingdotseq \exp\left(\frac{Z}{2}\right)$$

この式はZをMと置き換えれば永井の近似式と POPE の近似式がほぼ等しいことを示している。逆にこの関係を利用すれば(5)式は次のように簡単に POPE 式に変換できる（田中，私信）。

$$f(F, M) = \frac{(F+M)/[1-\exp\{-(F+M)\}]}{F/\{1-\exp(-F)\}}$$

$$\fallingdotseq \frac{\exp\{(F+M)/2\}}{\exp(F/2)}$$

$$= \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

また永井（1980）は POPE および AGGER *et al.* による別の証明法を示している。

Fの値をX軸，$f(F, M)$ の値をY軸にとり $M=0.35$ の場合について関数 $f(F, M)$ の曲線と2つの近似式 f_N，f_P の値を Fig. 1 に示す。関数 $f(F, M)$ は単調減少関数であるため，f_N や f_P は F が大きくなるほど大きな誤差を生じることになる。なお$M \fallingdotseq 0$ なら常に $f_P > f_N$ である。

f_N，f_P により $f(F, M)$ を近似する場合の相対誤差を，それぞれ E_N，E_P（パーセント）とし，次式で計算することにする。

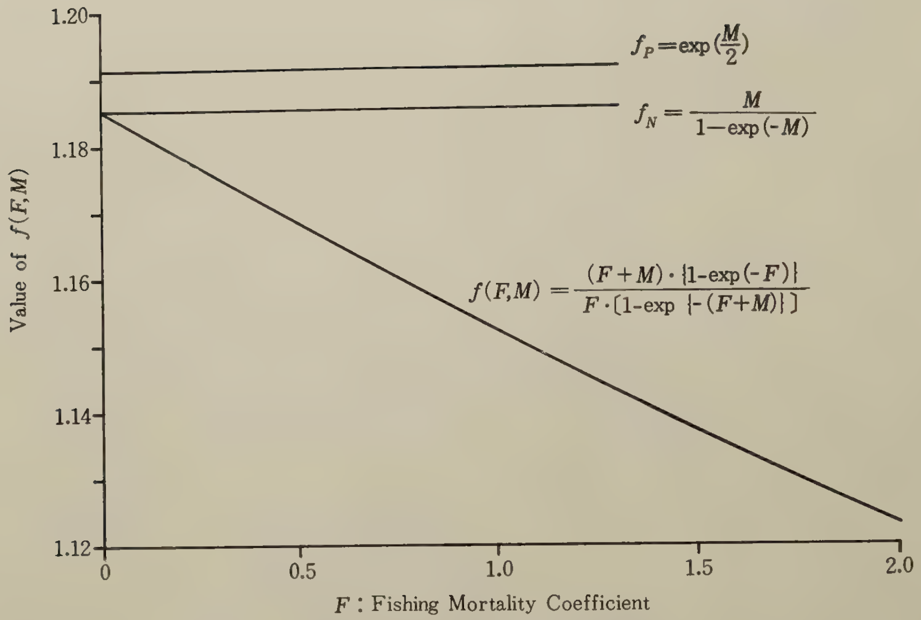


Fig. 1 Relationship between function $f(F, M)$ and F(fishing mortality coefficient). M(Natural mortality coefficient) is arbitrarily set at 0.35 in this figure. In this case, f_P (POPE's approximate value)=1.191, f_N (NAGAI's approximate value) =1.185, without reference to the value of F.

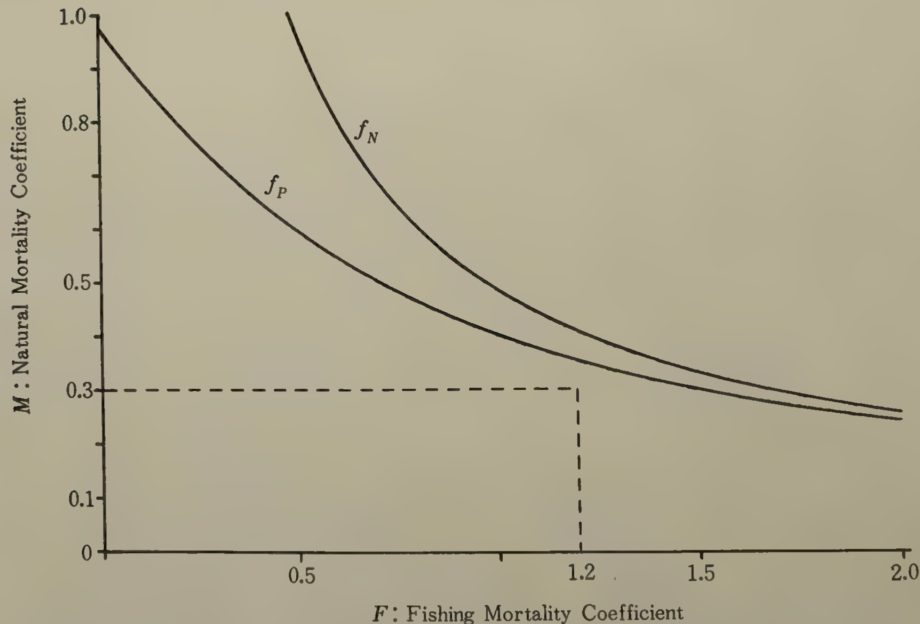


Fig. 2 Ranges of F and M in which the relative error of POPE's (f_P) and NAGAI's (f_N) formulae to the true value of $f(F, M)$ is four percent or less (below the curve).
The area surrounded by dotted lines shows the range in which POPE's formula is used in general.

(15) $E_N = 100 \times \{f_N / f(F, M) - 1\}$

(16) $E_P = 100 \times \{f_P / f(F, M) - 1\}$

Fig. 2 に E_N, E_P が4パーセント以下になるF, Mの範囲を示す。曲線の下側がその範囲である。破線は POPE (1972) がその近似式の誤差が4パーセント以下と述べている $M \leqq 0.3$, $F \leqq 1.2$ の範囲である。f_N の方が f_P より誤差が少なく，同じ許容誤差であれば広いF, Mの範囲で適用できる。

逐次代入法による漁獲方程式の解法

漁獲方程式における F, N_{i+1}, $f(F, M)$ を厳密に求める方法として2分法や NEWTON-RAPHSON 法等の反復計算法や計算機プログラムが報告されている（TOMLINSON 1971，加藤 1978，本間　1978 a，永井　1980，石岡・猪子　1982，SIMS　1982）。また計算用の数表も公表されている（畑中他　1977）。

ここでは関数 $f(F,M)$ の次の性質を考慮した逐次代入法による漁獲方程式の新しい解き方について述べる。

1）関数fは f_N と1の間の値をとる。

2）関数fの値はFの増加にともなって単調に減少し，1に近づく。

3）現実的なFの範囲では $\lim_{F \to 0} f(F, M)$ すなわち f_N は良い近似値となる。

$\lim_{F \to 0} f(F, M)$ は既に良い近似値であるが，さらに真の値に近いFを $f(F, M)$ に代入すればより真値に近い $f(F, M)$ が得られるはずである。またFの値の変化の割には $f(F, M)$ の値は変化しないと言える。すなわちここでの反復計算法としては次のような方法が考えられる。

関数 $f(F, M)$ の第1近似値 $f^{(1)}$ として f_N を用い，それを(3)式に代入し N_{i+1} を求める。この N_{i+1} を(4)式に代入しFの第1近似値 $F^{(1)}$ を求める。この$F^{(1)}$ を(5)式に代入し関数fの第2近似値 $f^{(2)}$ が求められる。これを繰り返すことにより，必要精度の関数fおよび漁獲死亡係数Fが求められる。これは逐次代入法（戸川　1972）といわれる方法で，式の形を整理すると(17)式となる。

$$F^{(n+1)} = -\log\{1 - f(F^{(n)}, M) \cdot K\} \tag{17}$$

ここで $F^{(n)}$ は第n近似値，$K = C_i / N_i$, $f(F, M)$ は(5)式である。

(17)式は $F^{(n+1)} = \phi(F^{(n)})$ の形の反復式を示している。

なお後退法の場合の反復式は，$K' = C_i / N_{i+1}$ として(18)式のようになる。

$$F^{(n+1)} = -\log\{1 + f(F^{(n)}, M) \cdot K' \cdot \exp(-M)\} \tag{18}$$

(18)式では{　}内が0または負となることはない。また前進法の場合より収束が速い。

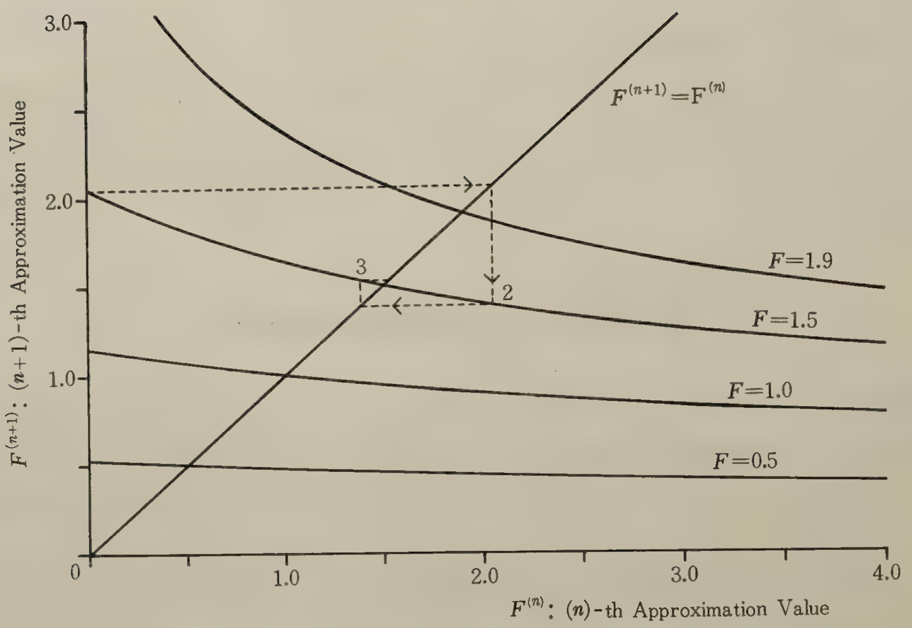


Fig. 3 Illustration of the approximation procedure to obtain $f(F, M)$ and F by the successive substitution method using the formula $F^{(n+1)}=-\log\{1-f(F^{(n)}, M)\cdot K\}$, where $K=C_i/N_i$ (in the case of $M=1.0$). The dotted lines show the process of convergence in the case of $F=1.5$.

Fig. 3 により逐次代入法の収束の過程を説明する。

X軸を $F^{(n)}$, Y軸を $F^{(n+1)}$ とする。$M=1.0$ の場合に真の F が0.5, 1.0, 1.5, 1.9について $F^{(n+1)}=-\log\{1-f(F^{(n)}, M)\cdot K\}$ の曲線を示す。ここで用いた K は与えられた M と F を用いて(1)式から導いた次式より求めた。

$$K=\frac{C_i}{N_i}$$

$$=\frac{M}{F+M}\cdot[1-\exp\{-(F+M)\}] \qquad (19)$$

曲線は $F^{(n)}=0$ ～4.0 の連続の値に対応する関数 $f(F^{(n)}, M)$ を計算し，それを用いて(17)式から $F^{(n+1)}$ を求めたものである。$F=1.5$ の場合の収束過程を破線の矢印で示している。$F^{(n+1)}=F^{(n)}$ の直線との交点が真の F 値であり，その時関数 $f(F, M)$ の真の値が求まる。F の値が小さい程曲線のカーブがゆるやかであり収束が速い。

$\{1-f(F^{(n)}, M)\cdot K\}\leqq 0$ のときは対数の値が計算できず解が得られない。

逐次代入法による漁獲方程式の前進法の場合の解法を，計算機プログラムを念頭において整理して示すと次のようになる。ここで C, M は既知，N_i は前の期間の計算で求められているとする。

1. もし $C_i=0$ なら $F_i=0$ としステップ10へ。

2．$K=C_i/N_i$ とする。

3．もし $M=0$ なら $f(F,M)=1$, $F_i=-\log(1-K)$ としステップ10へ。

4．$f^1=f_N$ すなわち式(7)の値を関数 f の初期値として与える。

5．$S=1-f^1\cdot K$ を計算する。

6．もし $S\leqq 0$ なら計算不能のため計算を打ち切る。

7．$F^1=-\log(S)$ とする。

8．$n=1, 2, 3, 4$……と次の繰り返しの操作を実行する。

① $f^{(n+1)}(F^{(n)}, M)$ を式(5)で計算する。

② $F^{(n+1)}=-\log(1-f^{(n+1)}\cdot K)$ を計算する。

③ もし，$|f^{(n)}-f^{(n+1)}|\geqq 10^{-5}$ なら①にもどる。(10^{-5}は許容誤差とする。)

9．$f(F, M)=f^{(n+1)}$, $F_i=F^{(n+1)}$ を解とする。

10．$N_{i+1}=N_i\cdot\exp\{-(F_i+M)\}$ を計算する。

11．次の期間の計算に移り，ステップ1からを繰り返す。

Fig. 4は f_P, f_N および逐次代入法の1回目（$n=2$），2回目，3回目により求められた関数 $f(F, M)$ の近似値の誤差が1パーセント以下の範囲（それぞれ曲線の下側）を示す。真の f

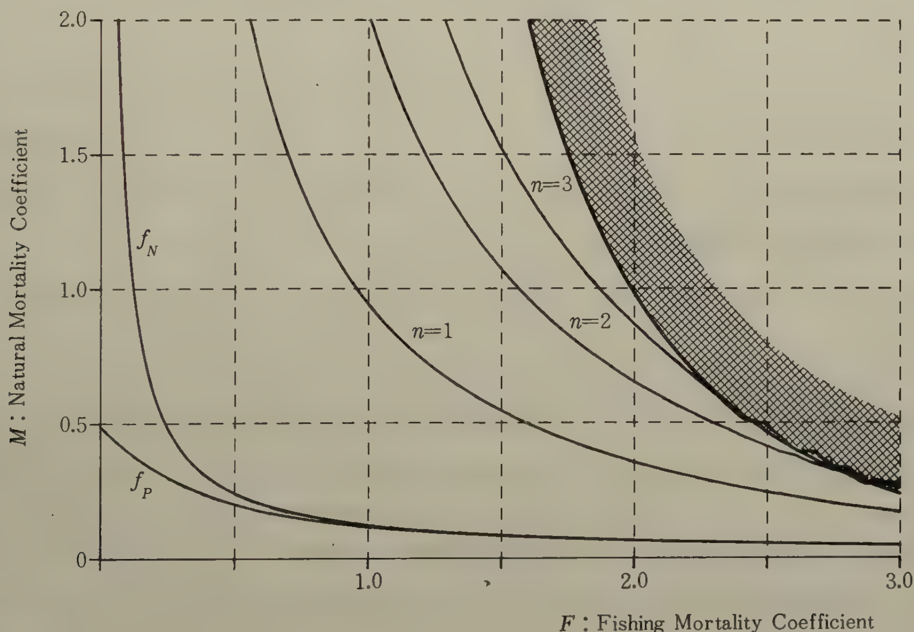


Fig. 4 Ranges in which the absolute value of relative error is one percent or less for Pope's(f_P) and Nagai's(f_N) formulae, and for the successive substitution method (n indicates the times of iteration) are illustrated below curves. The meshed part shows the area where it is impossible to calculate the approximation because $(1-f_N\cdot K)\leqq 0$.

の値はX軸，Y軸のF，Mを用いて(5)式で計算し，$K=C_i/N_i$ は(19)式を用いた。誤差の求め方は(15)，(16)式を用いた。$M\leqq0.5$，$F\leqq1.5$または$M\leqq0.3$，$F\leqq2.0$なら逐次代入法の1回の実行のみで，fの推定値の誤差が1パーセント以下となる。右上の網目模様部分は（$1-f_N\cdot K$）$\leqq0$となり，この解き方では計算が不能となる範囲である。

なお Fig. 4 で，$n=3$の曲線の一部に見られる凸凹はプロッターで曲線を描かせるためのプログラム中の計算精度に起因している。

論　　　議

資源の減少が BARANOV（1918）のモデルに忠実であれば関数 $f(F, M)$ の値を正確に求める必要があるが，実際の漁業は必ずしも BARANOV のモデルが一番よく合うわけではない。POPE（1972）の近似式 $f_P=\exp(M/2)$ は漁獲が各期間の中央で瞬間的に行われるとするモデルの場合は近似式ではなく正確な表現となる。この点では，永井の近似式は現実との対応がはっきりしない弱点を持つ。しかし BARANOV の漁獲方程式を反復計算法で解く場合には，第1近似値として POPE 式よりも真の値に近い永井の近似式を利用する方が合理的である。

石岡・猪子（1982）では本間（1978 b）のミニマムストック H_m がほぼ一定となる範囲についてはっきりさせていなかったが，以上の結果から見て次のように言うことができよう。

すなわち関数 $f_i(F_i, M_i)$ を用いて初期資源量 N_0 を示すと次式となる。

$$N_0=H_m+N_e\cdot\exp\left(\sum_{i=1}^{n}M_i\right) \tag{20}$$

$$H_m=\sum_{i=1}^{n}\left\{f_i\cdot C_i\cdot\exp\left(\sum_{j=0}^{i-1}M_j\right)\right\} \tag{21}$$

ここで $M_0=0$ とする。

N_t は最終尾数，nは期間数である。

(21)式の f_i は F_i と M によって定まる値であるが，F_i が小さければ近似的に POPE 式，永井式のように M のみによって定められる。また f_i はその時の初期資源尾数 N_i によって F_i とともに変化するが，N_i が充分大きければ前述のように f_i の変化割合は無視できる程小さく N_i の大きさに関わらず一定と考えてよい。また適当な N_0 を与えて前進法の計算を行い H_m を求めることができ，この H_m は N_0 によらずほぼ一定と考えてよい。コホート解析の計算は後退法による場合が多いが，H_m を用いることにより前進法の計算からも後退法と同じ結果を得ることが可能である。すなわち(20)式で N_0 を与えれば N_e が求められ，N_e を与えれば N_0 が求められる。また最終生残率 N_e/N_0 を与えて N_0，N_e を求める式は石岡・猪子（1982）が示している。

(20)式から見て，$\exp(M_T)=\exp\left(\sum_{i=1}^{n}M_i\right)$ が大きい時，N_0 の推定に与える N_e の影響は大きくなる。すなわち自然死亡係数が大きい場合，M_i や N_e をかなり正確に把握しなければ N_0は正確には推定できない。しかし大きな値となる自然死亡係数を正確に把握することは特に困難な

問題であり，コホート解析の適用が難しい場合と言える。

コホート解析が適用しやすいのは自然死亡係数が小さく，漁獲死亡係数が大きい場合，すなわち加入したもののうち，寿命までに漁獲される割合が大きい資源の場合である。

なお M が一定で期間が各々異なる場合の計算方法としては TOMLINSON (1970) の報告があるが，それぞれの期間を一定と考え，その期間内のMが異なる場合として計算する方が簡単である。すなわち各期間のMをその期間内で累積して求め，それに対応するFを計算する。さらに求められたFを，それぞれ異なる期間で割ることにより，単位期間当りのFが求められる。

以上計算手法について検討してきたが，f_P，f_N ともに現実的な状態では非常によい近似値である。Fが大きすぎる時は期間を細分化して各期間内のFの値を小さくすることにより，近似値で充分な精度を得ることができる。また F_i が適当な大きさの範囲内であればどちらの近似値を使っても真の値との差は数パーセント以内という場合が多い。実際の資源量推定においては自然死亡係数をはじめ，この誤差とは桁違いに悪い精度の推定値を用いなければならない。それらの影響の方が推定結果に大きく影響すると思われる。

要　　　約

1）コホート解析に用いられる BARANOV の漁獲方程式について，POPE (1972) の関数

$$f(F,\ M)=\frac{(F+M)\{1-\exp(-F)\}}{F\cdot[1-\exp\{-(F+M)\}]}$$

の近似式を数学的に検討した。

2）永井 (1980) の近似式 $f_N=\dfrac{M}{1-\exp(-M)}$ が POPE の近似式 $f_P=\exp(M/2)$ より真の関数値に近い。

3）BARANOV の漁獲方程式の解法を検討し，永井の近似式による値を第1近似値として用いる逐次代入法を示した。実質的には4回以下の繰り返し計算で充分な精度が得られる。

文　　　献

BARANOV, F. I., 1918: On the question of the biological basis of fisheries, 笠原昊・深瀧弘共訳，漁業科学叢書1号，水産庁調査研究部，48pp.

GULLAND, J. A., 1965: Estimation of mortality rates, Annex to Rep. Arctic Fish. Working Group, Int. Counc. Explor. Sea. C. M. 3, 12pp.

畑中寛，永井達樹，若林　清，1977：資源量および漁獲死亡係数推定のための逐次計算 (Cohort analysis) 数値表，遠洋水産研究所，41pp.

本間　操，1978 a：Cohort 解析のあてはめ，漁業資源解析のための電子計算機プログラム集，水産庁，FZRP/5, 175—191.

本間　操，1978 b：漁獲対象となった Minimum ストックの計算，漁業資源解析のための電子計算機プログラム集，水産庁，FZRP/5, 193—197.

石岡清英・猪子嘉生，1982：Cohort の漁獲統計が得られる場合の初期資源量推定方法・江田島湾のガザミを例として，南西水研報告，(14), 33—54.

JONES, R., 1961: The assessment of the long term effects of changes in gear selectivity and fishing effort, Mar. Res. Scot., (2), 19pp.

JONES, R., 1964: Estimating population size from commercial statistics when fishing mortality varies with age, Rapp. Cons. Explor. Mer., **155**(38), 210–214.

加藤史彦, 1978 : Virtual population analysis 及び cohort analysis による資源尾数と漁獲死亡係数の推定, 漁業資源解析のための電子計算機プログラム集, 水産庁, FZRP/5, 167—173.

MURPHY, G. I., 1965: A solution of the catch equation, J. Fish. Res. Bd. Canada, **22**, 191–202.

永井達樹, 1980 : コーホルトアナリシス入門, 遠洋水研ニュース, (38), 10—12.

PALOHEIMO, J. E., 1961: Studies on estimation of mortalities. I. Comparison of a method described by BEVERTON and HOLT and a new linear formula, J. Fish. Res. Bd. Canada, **18**(5), 645–662.

POPE, J. G., 1972: An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis, Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull., (9), 65–74.

SIMS, S. E., 1982: Algorithms for solving the catch equation forward and backward in time, Can. J. Fish. Aquat. Sci., **39** (1), 197–202.

田中昌一, 1960 : 水産生物の population dynamics と漁業資源管理, 東海水研報(28), 1—200.

TANAKA, S., 1975: Some consideration on the methods for calculating survival rate from catch per unit effort data, Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **41** (2), 121–128.

戸川隼人・1972 : 数値計算技法, オーム社, 東京, 280pp.

TOMLINSON, P. K., 1970: A generalization of the MURPHY catch equation, J. Fish. Res. Bd. Canada, **27** (4), 821–825.

TOMLINSON, P. K., 1971: MURPHY-fishing mortality estimation, in "Computer program for stock assessment.", comp. N. J. ABRAMSON, FAO Fish. Tech. Pap. 101, p. 51—57, 若林清訳, 漁業資源解析のための電子計算機プログラム集, 水産庁, FZRP/5, 149—166.

別 途 発 表 業 績

Titles and abstracts of separately issued contributions

褐藻ホンダワラ科のタマハハキモクおよびヨレモクの再生長能について（英文）

月 舘 潤 一

Studies on the regenerative ability of the brown algae, *Sargassum muticum* (YENDO) FENSHOLT and *Sargassum tortile* C. AGARDH by Jun-ichi TSUKIDATE

1983年５月30日受理　業績132号
Hydrobiologia 116/117，393—397，（1984）に掲載

抄　　　録

タマハハキモクとヨレモクの再生長の能力を培養実験で調べた。

幼体と成体とでは，幼体の方が再生長能は大きい。藻体の部位による差をみると，２枝より１枝の方が，３枝より２枝の方が，再生長の能力は大きい。先端のある枝と先端をとりのぞいた枝とで比較した場合，先端を持った枝は，その方向へ生長するが，先端をとりのぞいた枝は生長しない。しかし，先端を切りとると，枝から出ている側枝の方向へ再生長し，藻体重量の増加は，むしろ先端をとりのぞいた枝の方が大きい。

In vitro 代謝研究のための摘出筋肉標本

石 岡 宏 子

Isolated fin muscles of red sea breams for the *in vitro* metabolic studies by Hiroko ISHIOKA

1983年１月31日受理　業績番号136号
日本水産学会誌　**49**(10)，1523—1526（1983）に掲載

抄　　　録

マダイの筋肉組織の代謝研究を単純な系で有利に展開するため，軀幹部筋肉のスライス標本，胸鰭骨上体表側筋肉の剝離標本を作製した。これを好気的条件下で，U-^{14}C-グルコースを基質とした培養液中で１時間振盪培養し，$^{14}CO_2$ 生成量とグリコーゲンへの取り込み量を測定した。

その結果，胸鰭筋肉標本は極めて高い活性を示し，少なくとも摘出後4時間は，一定の割合で炭酸ガス生成を行うことが明らかとなった。このため，この筋肉標本は *in vitro* 実験のための有効な素材となり得ると判断された。

種苗生産における海産魚の生物学的形質の発達（英文）

福原　修

Development of biological characters in early stages of seed production of commercially important marine fishes by Osamu FUKUHARA

1984年12月6日受理　業績第160号
NOAA Technical Report NMFS 10, Proceedings of the Seventh U.S.-Japan Meeting on Aquaculture, Marine Finfish Culture. Carl J. SINDERMANN (editor), 3-9（1984）に掲載

抄　　録

邦国における海産魚，特にタイ科魚類の種苗生産技術の現状を概観し，生産種苗の利用管理に際しての生物学的視点からの留意点について論議した。

種苗を有効に利用するためには，各発育段階における特性，特に行動や機能に関する器官の発達を知ることが重要であることから，マダイ，クロダイ，イシダイの鰭，斑紋，鱗などの形成を観察し，これらの種が稚魚期に移行する8～10㎜頃が初期生活史の中で最も環境の変化に対して敏感であることが示唆された。又，外部諸器官の形成がほぼ完了する30㎜頃が増養殖を目的とした利用に必要な最小サイズと思われた。

瀬戸内海中西部域におけるサワラの年令と成長

岸田　達・上田　和夫・高尾　亀次

Age and growth of Japanese Spanish mackerel in the central and western waters of the Seto Inland Sea by Tatsu KISHIDA, Kazuo UEDA and Kameji TAKAO

1984年12月17日受理　業績第161号
日本水産学会誌　**51**(4)，529—537（1985）に掲載

サワラの年令と成長を，胸部の鱗を用いて調べた。年輪形成期である5～7月の平均実測尾叉長（mm）に基づく VON BERTALANFFY の成長式は，雄：$L_t=804〔1-\exp\{-0.908(t-0.105)\}〕$，雌：$L_t=1011〔1-\exp\{-0.518(t+0.222)\}〕$であった。計算尾叉長に基づく成長式も求めたが，両結果間には若令期に差が認められた。最高年令は雄4歳，雌6歳であった。成熟期は5～7月，成熟開始年令は2歳であった。尾叉長（L:mm）－体重（W:g）関係は4月$W=4.214\cdot10^{-7}\cdot L^{3.434}$，5・6月$W=1.054\cdot10^{-5}\cdot L^{2.943}$，7月$W=4.273\cdot10^{-5}\cdot L^{2.713}$，8～1月$W=5.686\cdot10^{-5}\cdot L^{2.676}$となった。

マダイの初期生活史における形態変化および機能と行動の発達（英文）

福　原　　修

Functional morphology and behavior of early life stages of red sea bream by Osamu FUKUHARA

1984年10月11日受理　業績162号
日本水産学会誌　**51**(5)，731—743（1985）に掲載

抄　　録

マダイ仔稚魚の諸器官と行動の発達を観察し，諸形質の発達と幼期の生活様式との関連を考察した。

後期仔魚から稚魚への形態的移行は，標準体長7.6～8.6mm，ふ化後25～29日の間に起った。そして稚魚への発育段階の変化に伴い諸器官の機能的発達も起り，行動特に遊泳能力は著しく増加した。天然においても生活様式の変化が見られた。

こうしたことから形態変化と器官発生や行動の発達はマダイの生活様式の変化と深く関連していると思われる。

周防灘におけるスピオ科多毛類 *Paraprionospio* sp.（B型）の生産量推定

玉　井　恭　一

Production estimation of spionid polychaete *Paraprionospio* sp. (type B) in Suo-nada, Japan by Kyoichi TAMAI

1985年５月31日受理　業績163号
日本水産学会誌　**51**(2), 213—218, （1985）に掲載

抄　　　　録

周防灘のマクロベントスのなかで採集個体数順位が３位の *Paraprionospio* sp.（B型）の年間生産量を推定した。本種は７～９月に産卵期，８～10月に加入着底期があり，寿命は約１年である。成長量逐次計算法で求めた年間湿重生産量は，砂質域で42mg/m²，砂泥質域で776mg/m²,泥質域で270mg/m²であった。乾重量，有機物総量は，いずれも湿重量の23.0％に相当する。灘全域の本種の年間湿重生産量は758トンと推定され，これは全マクロベントス生産量推定値の2.4％以下である。

日本南方域における貝類養殖の最近の発達（英文）

野上　和彦・福原　　修・梅沢　　敏

Recent developments in shellfish culture in southern Japan by Kazuhiko NOGAMI, Osamu FUKUHARA and Satoshi UMEZAWA

1985年５月31日受理　業績164号
NOAA Technical Report National Marine Fisheries Service 16,73—81,（1984）に掲載

抄　　　　録

最近の日本南方域における貝類養殖の発達は著しく，種類数にして二枚貝約30種，巻貝約10種があげられる。本報では，まず養殖発達の環境的条件や地域性にふれ，その特性を明らかにした。つぎに広島におけるカキ養殖をとりあげ，その技術的現状特に生産量の変動要因との関連について述べた。また，アカガイ養殖については，人工種苗による養殖の変遷と海洋牧場研究による産卵母貝集団形成の試みと問題点を紹介した。更に，イタヤガイについては天然採苗した種苗の有効利用による漁業の安定化についての方法を論議した。

以上のことから貝類養殖に際しての環境条件，適正放養量の把握および種苗の供給の重要性を指摘した。

終点希釈法による海域堆積物中の赤潮生物耐久細胞の計数（英文）

今井　一郎・伊藤　克彦・安楽　正照

Extinction dilution method for enumeration of dormant cell of red tide organisms in marine sediments by Ichiro IMAI, Katsuhiko ITOH and Masateru ANRAKU.

1985年5月31日受理　業績第165号
日本プランクトン学会報　**31**(2)，123—124（1984）に掲載

抄　　録

細菌の生細胞数の計数に通常用いられている終点希釈法（MPN法）を，海域の堆積物中に存在する赤潮生物の耐久細胞の計数に応用した。

Chattonella（*C. antiqua* と *C. marina*）の場合，栄養を強化した培養液よりも，滅菌した沪過海水の方が計数用の培養液として適していた。耐久細胞数の値を得るために必要な培養日数は，温度22℃，照度3,500lx，14L－10D明暗条件下で8—16日間であった。

Skeletonema costatum の場合，栄養を添加した培養液を用いて6日間の培養で，耐久細胞（休眠細胞）数が計数できた。

本法の最大の利点は，栄養細胞の形態さえ確認できれば，形態が未確認である耐久細胞の数を推定できるという点にあり，海域堆積物中に存在する種々の赤潮生物の耐久細胞を計数するのに有効な方法となるであろう。

BULLETIN OF THE NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

is issued each year with one or two numbers. All communications relating to this Bulletin should be addressed to Director.
Exchange of publication will be highly appreciated.

Address

The Nansei Regional Fisheries Research Laboratory
Director & Administrative Section
Inland Sea Fishery Resources Research Division
Aquaculture Research Division
Red-tide Research Division
7782-9 Maruishi Ôno-chô, Saeki-gun
Hiroshima-ken, 739-04, Japan

Offshore Fishery Resources Research Division
Oceanographic Research Division
6-1-21 Sanbashi-dōri, Kôchi, 780 Japan

〔非売品〕

昭和60年10月20日 印 刷　　昭和60年10月25日 発 行

発行者　広島県佐伯郡大野町丸石7782－9
南西海区水産研究所
篠 岡 久 夫

印刷所　株式会社 中本本店印刷

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 19, 1985

Contents

Titles of separately issued contributions